Untersuchungen an Interngefügen III.

Beispiele aus der unteren Schieferhülle des Tauern-Westendes

Von VOLKMAR TROMMSDORFF

Mit 49 Diagrammen und 1 Abbildung im Text

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Jänner 1964)

Inhalt

Summary

The metamorphic history of some schists, gneisses, and marbles of the "Untere Schieferhülle der Tauern" is deduced from macroscopic and microscopic structural analysis. The microscopic analysis was obtained from external and internal fabric in albite porhyroblasts. In addition the internal fabric of rotated and unrotated porphyroblasts is discussed.

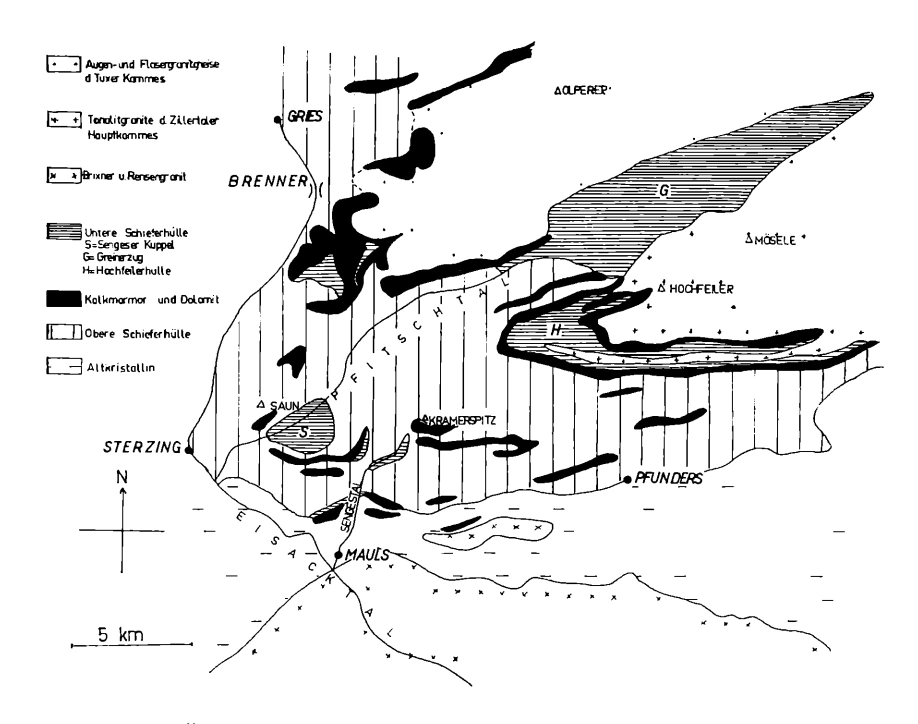
Die vorliegende Studie wurde auf Anregung von PROF. DR. B. SANDER durchgeführt. Herrn PROF. SANDER danke ich herzlich für zahlreiche anregende Diskussionen, für die Überlassung von eigenem Dünnschliffmaterial und für sein stetes Interesse an dieser Arbeit.

Den Herren Professoren J. LADURNER und E. WENK danke ich für die Erlaubnis, die Arbeit am mineralogisch-petrographischen Institut Innsbruck bzw. Basel durchführen zu dürfen.

Mein besonderer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, deren großzügige Unterstützung mir die Durchführung der Arbeit ermöglichte.

I. Ausgangspunkte

Die Sengeser Kuppel (B. Sander 1911) im äußeren Pfitschtal nahe Sterzing liegt im Bereich des SW-Endes der Hohen Tauern geologischen Sinnes (Fig. 1). Das Pfitschtal durchschneidet die Kuppel, in deren Kern Gesteinsserien der unteren Schieferhülle aufgeschlossen sind. Der Kuppelbau ist im Kartenbilde aus dem Verlauf der Marmorhülle — die von Termier (1905, S. 229) zur Wurzel der Tribulauntrias gemacht wurde — bereits deutlich. Diese Marmorhülle bildet das Hangende der Schieferserien des Kuppelkerns, sie wurde mehrfach von Termier und von Frech (1905) als Trias aufgefaßt. Sander (1911) beschreibt in ihr „Tuxermarmor“ und „Pfitscher Dolomit“. Über der Marmorhülle der Sengeser Kuppel folgen Kalkphyllite der oberen Schieferhülle.



Geologische Übersicht des Tauern-Westendes nach Aufnahmen von B. Sander. S = Sengeser Kuppel; H = Hochfeilerhülle; G = Greinerzug.

Die petrographisch den Serien der Unteren Schieferhülle des Hochfeiler analogen Gesteinstypen der Sengeser Kuppel (SANDER 1911, S. 297 u. ao.) entsprechen den als „Greinerschiefer" (Pfitscherschiefer PICHLERS) bekannten Serien. Die Sengeser Kuppel kann als SW-Fortsetzung der Hochfeilerhülle verstanden werden.

Die Tauernkristallisation kommt in der Sengeser Kuppel besonders durch verbreitete intensive Albitisation zum Ausdruck[1]. Das in den Albitneubildungen enthaltene Interngefüge ist besonders schön und reichlich ausgebildet und gab Anlaß zu dieser Studie.

II. Petrographische Seriengliederung

Der folgenden petrographischen Gliederung der Gesteinsserien der Sengeser Kuppel liegt die von ANGEL (1940) aufgestellte Fazieseinteilung zugrunde, die sich für die Gesteine der Tauernschieferhülle besonders gut eignet. Zwischen den in der Tabelle angegebenen Typen herrschen vielfach Übergänge. Folgende Gesteinstypen herrschen vor:

Gestein	Fazies	
Albitfels	I/III	(untere Schieferhülle)
Albitgneis	I/III	wechsellagernd
Epidot-Albit-Biotitschiefer	I/III	
Epidot-Albit-Hellglimmerschiefer	I/III	
Epidot-Albit-Zweiglimmerschiefer	I/III	
Epidot-Albit-Amphibolit	I/II/2	
Albit-Serizit-Chloritphyllit	I/II/1	
Albit-Chloritphyllit	I/II/1	
Albitmarmor	I/I/2	
Albit-Karbonat-Quarzit	I/I/2	
Albit-Quarzit	I/I/2	
Quarzit		
Marmor		
Kalkphyllit mit Albit	I/I/2	(obere Schieferhülle)

[1] Der in der Folge häufig aufscheinende Begriff der Albitisierung oder Albitisation ist hier im Sinne von B. SANDER (1915, S. 593 ff.) zunächst rein beschreibend ohne Frage nach weiterreichender Stoffzufuhr angewendet. Die SANDERsche Anwendung dieses Begriffes wurde in neuerer Zeit (FRASL 1960, S. 199) mißverständlich im Sinne einer Na-Zufuhr ausgelegt. Diskussionen über Stoffwanderungen erscheinen mir ohne chemische Reihenanalysen ohnehin fruchtlos.

Die von SCHMIDEGG und KARL (1949) ausgehend vom Gebiet der Gerlos aufgestellte, von FRASL (1958) erstmals für das Gebiet der mittleren Hohen Tauern durchgeführte Seriengliederung scheint für das betrachtete Gebiet anwendbar, gehört aber nicht in den Rahmen dieser Arbeit.

Die Albitisation nimmt vom Kern der Kuppel gegen das Hangende hin deutlich ab. Albitfels, als massiges, mehr oder weniger reines Albitgestein und Albitgneis treten nur in den tieferen aufgeschlossenen Serien auf. Die übrigen Gesteinstypen stehen in Wechsellagerung, gegen das Hangende nehmen die phyllitischen Typen zu. Die angeführten Gesteine können stark wechselnde Mengen an Karbonat enthalten. Die Fazies der aufgeschlossenen Sengeser Gesteine geht nicht über I/III hinaus, sie kann aber in den tiefsten granitnahen Serien des Greinerzuges bis II/II (Staurolith-Almandinschieferfazies) reichen, was durch Auftreten von Staurolith in „Greinerschiefern" aus dem Schlegeistal belegt ist.

Mikroskopische Untersuchung

Die einzelnen Mineralien sind für die Gesteinsserie summarisch behandelt, Besonderheiten vermerkt.

Albit bildet in den liegendsten Gneisen der Sengeser Kuppel geschlossene Gefüge. In den Schiefern ist er heterometrischer, stetig gerundeter Holoblast („Rundling") oder auch, ganze Falten imprägnierend, belteropor gewachsenes, xenomorphes Großkorn. Alle übrigen, in der Sengeser Kuppel auftretenden Minerale finden sich in Albit als Interngefüge, besonders schön ausgebildet Quarz, der meist mehr oder weniger angelöst ist. Randsäume um Albit, die interngefügefrei sind und die von SANDER (1912, S. 283f.) aus der Hochfeilerhülle um Albite mit verlegtem si beschrieben wurden, belegen die Mehrphasigkeit der Albitkristallisation. Daß die Randsäume interngefügefrei sind, kann als Ergebnis eines besseren Platztausches (? höhere Mobilität, oder ? geringere Wachstumsgeschwindigkeit des Holoblasten) gedeutet werden, ist aber vorläufig nicht näher kontrollierbar. Verzwillingung wurde bei Albit selten, und dann nach (010) (Albitgesetz), beobachtet.

In den Hangendserien der Sengeser Kuppel treten Rupturen in Albit auf, die verheilt sind durch Albit, Quarz, Chlorit, Karbonat. Diese Paragenese tritt im Gebiet der Sengeser Kuppel auch spärlich als Kluftmineralbildung auf, welcher man die Füllung der Rupturen in Albit somit zuordnen darf.

Epidot-Klinozoisit ist häufig in Lagen angereichert und findet sich mit eisenarmen Kern in den Amphiboliten, sonst allgemein nicht deutlich zonar. Er bildet si in Albit in Lagen parallel se, woraus deutlich ist, daß es sich nicht etwa um ein Umwandlungsprodukt eines ehemals basischeren Plagioklases handelt, sondern um eine voralbitische Phase.

Biotit zeigt meist Chloritisierung oder Parallelverwachsung mit Chlorit. Einzelne Glimmerschiefer enthalten deformierte ehemalige Querbiotitholoblasten (Kramerspitz gegen Senges; Graben beim Archer im Pfitsch) mit verlegtem Interngefüge aus Quarz und Opazitlagen. Postkristalline Deformation ist an Biotit stets deutlich. Pleochroismus: lichtgelb/dunkelgrün-braun.

Hellglimmer ist in fast allen Gesteinen der Sengeser Kuppel vertreten, z. T. gebogen, z. T. rekristallisiert, besonders in Faltenknien. Dasselbe gilt für Chlorit, der in den Amphiboliten pseudomorph nach Hornblende, in den biotitführenden Gesteinen pseudomorph nach Biotit auftritt. Neubildung von Chlorit ist besonders in den albitisierten Chloritphylliten zu beobachten.

Hornblende wurde nur in den diaphtoritisierten Amphiboliten beobachtet und ist stets postkristallin deformiert. Die optische Messung ergab: $[n_\gamma] \wedge c\ 18^0$, $2V_\alpha\ 78^0$; X = lichtgrün Z = olivgrün.

Karbonat nimmt in diffuser Verteilung im Gestein gegen das Hangende zu.

Quarz ist in mehreren Generationen vorhanden: in deformiertem Querbiotit, in Albit und rupturenfüllend postalbitisch. Internquarze sind von Albit angelöst, Externquarz tritt als verzahntes Gefüge aus undulösen Individuen, aber auch als Pflaster auf.

Turmalin findet sich besonders in den albitreichen Gesteinen des Kuppelkerns, Titanit ist z. T. in den Amphiboliten und Chloritschiefern angereichert.

Akzessorisch treten weiter auf: Erz, Apatit, Zirkon mit pleochroitischen Höfen (in Biotit).

Schon aus der mikroskopischen Untersuchung ist deutlich, daß die Metamorphose in der unteren Schieferhülle der Sengeser Kuppel polyphas ist, und daß es wahrscheinlich verschiedene trennbare Phasen der Deformation gibt. Aus der mikroskopischen Untersuchung läßt sich folgendes Schema ableiten:

	Deformation		
	prä	para	post (+ Kluftmineralbildungen)
Quarz	*		*
Biotit	*		
Hellglimmer		*	
Turmalin		*	
Epidot		*	
Hornblende			
Chlorit		*	*
Albit			*
Karbonat			*

bedeutet Kristallisation. Sind unter der gleichen Rubrik gegeneinander versetzt, so bedeutet dies verschiedenes Alter der Kristallisation, z. B. Quarz in Biotit prädeformativ. Die oben ablesbare Generationenfolge ist in den meisten Gesteinstypen der Serie nicht vollständig vertreten, sie ergibt sich zunächst rein beschreibend aus der mikroskopischen Beobachtung für den Gesamtbereich: „Kristallin der unteren Schieferhülle der Sengeser Kuppel."

III. Das Gefüge im Bereich Handstück bis Profil

Die verwendeten Koordinaten entsprechen der Definition SANDERS (1930, 1948) und haben teils genetische, teils rein beschreibende Bedeutung. Sämtliche Diagramme stellen Projektionen in die untere Halbkugel des SCHMIDTschen Netzes dar.

Diagramm 1 gibt eine Übersicht über die in der Sengeser Kuppel auftretenden flächigen und linearen Gefügeelemente. Soweit nicht anders vermerkt, stellen die in den Diagrammen gezeichneten B-Achsen gemessene Faltenachsen dar. Aus der räumlichen Verteilung der gemessenen Inhomogenitäten (Diagramm 2—6) ist der Kuppelbau deutlich ablesbar. Im größten Teil der Sengeser Kuppel herrscht das für das Tauern-Westende charakteristische WWNW einfallende B_1 als Achse flachwelliger Faltung, als Fältelungslineare in s, oder als Intersektion von h0l-Flächen (vgl. B. SANDER 1942). Am Kuppelnordrand tritt lokal eine Achse B_2 auf, die etwa NNNE streicht und die ebenfalls aus Diagramm 1 ersichtlich ist. Es handelt sich um eine flachwellige Faltung im dm-Bereich und dürfte sich um eine B'-Entwicklung zu B_1 handeln.

In den phyllonitischen Gesteinstypen des Kuppelhangenden treten lokal größere Streuungen des linearen B auf. Diese Linearen können bis zu 40^0 nördlich und südlich von B_1 abweichen, was auf

die Prägung aufeinanderreitender Falten zurückzuführen ist. Dabei fällt die Achse der reitenden Falte Fo bei gleichem Streichen steiler nach WWNW ein als die Achse der unteren Falte Fu. Durch das Herausheben von Fo auf Fu entstanden auf den Schenkeln von Fu Linearen, die somit jünger sind als die auf diesen Schenkeln // der Faltenachse laufende Lineation. Die jüngeren Linearen weichen von der Faltenachse auf Nordschenkeln nach N, auf Südschenkeln nach S ab. Je nachdem auf welchem Schenkel von Fu man mißt, erscheint somit einmal die nördlichere, das andere Mal die südlichere Richtung als die jüngere. Die beschriebene Erscheinung wird von SANDER (1942, S. 74) beobachtet und interpretiert. (Vgl. hierzu auch SANDER 1942, Diagramm Abb. 48, 49.) Die aufeinanderreitenden Falten entsprechen also einer lokalen Überprägung mit steiler einfallendem B. Diese Überprägung kann hervorgerufen sein a) durch eine Änderung des Beanspruchungsplanes oder b) durch eine Kippung des Schichtpaketes bei konstantem Beanspruchungsplan. Die Prägung spitzwinklig sich überschneidender Linearen kann in allen Fällen, in denen ein Schichtpaket nicht tautozonal zu B verstellt wird, eintreten.

Die im Übersichtsdiagramm eingetragenen s-Flächen (nicht statistisch) entsprechen der gemessenen Streuung im Bereich der Sengeser Kuppel. Ein Vergleich mit dem β-Diagramm (7) zeigt ein deutliches β-Maximum in B_1, ein weniger deutliches Maximum in B_2 und eine Streuung von β in s, was durch den Kuppelcharakter des Gebietes bedingt ist. Es ergeben sich aus dem Vergleich von B und β keine deutlichen Anhaltspunkte, ob der Kuppelbau älter oder jünger ist als die B-Achsenprägung. Einen Hinweis auf gleichzeitige Bildung von Kuppelbau und B-Achse geben die aufeinanderreitenden Falten, wenn man sie als Folge einer Verstellung des Schichtpaketes während der B-Achsenprägung auffaßt.

h0l und bc-Flächen zu B_1

Wie aus dem Übersichtsdiagramm ersichtlich, treten im untersuchten Bereich steile Scharen von h0l-Flächen auf, die eine starke N—S-Einspannung des Schichtkomplexes repräsentieren. Die steilen Flächen in h0l-Lage treten sowohl einscharig als auch zweischarig symmetrisch auf. Sie werden auch häufig so steil, daß sie in bc-Lage fallen. Am Kuppelnordrand kann dieses bc auch als ac_2 (zu B_2) aufgefaßt werden, die steilen h0l lassen sich dort auch als $0kl_2$-Fugen beschreiben. Wie später im Korngefüge gezeigt wird, sind

die steilen hOl nur durch Quarzmaxima belegbar, das Glimmergefüge besetzt durchweg Maxima zu viel flacheren (spitzwinklig zu s verlaufenden) Flächen, die im Großflächengefüge wenig oder gar nicht in Erscheinung treten.

Okl und ac-Flächen zu B_1

ac ist neben s und hOl häufigste Fuge. Anstelle von ac tritt auch einschariges oder zweischarig symmetrisches Okl. (Diese Okl waren in verschiedenen Quarzgefügen als Scherflächen belegbar.) Bezieht man diese Fugen auf B_2, so hat ac: bc_2-Lage, Okl: hOl_2-Lage.

Makro-ac tritt am Nordrand der Kuppel als tiefe Gräben morphologisch in Erscheinung.

Gegenüber den anderen Flächen treten Fugen in hkO-Lage weit zurück.

Züge steilachsigen Baues fehlen in der Sengeser Kuppel und lassen sich weder aus Faltenachsen noch aus Schnittgeraden von Scherfugen ablesen.

Das auftretende Fugengefüge läßt sich somit in seiner Gesamtheit auf B_1 beziehen, es muß aber, da auch eine zweite B-Achse auftritt, folgerichtig als das Ergebnis zweier Beanspruchungspläne gesehen werden: starke N—S-Einengung, weniger starke E—W-Einengung.

Die dem tektonischen Gesamtbeanspruchungsplan zugeordneten Fugen- und Flächensysteme zeigen im Kleinbereich monokline z. T. trikline Symmetrie, im Großbereich fast rhombische Symmetrie. Wie in der Folge gezeigt wird, ergeben sich vom Korngefüge bis in den Großbereich den Kräften der tektonischen Beanspruchung symmetriegemäße Gefügebilder.

Zur statistischen Analyse der Flächen

Eine streng statistische Analyse der auftretenden Flächen wurde nicht durchgeführt. Auffällig ist aber das statistische Vorwalten von steil N-fallenden hOl auf der Kuppelsüdseite, steil S-fallenden hOl auf der Kuppelnordseite, was auch aus D_2-D_6 ersichtlich ist. Auf der Kuppelnordseite standen zur Messung der Fugen vorwiegend S-fallende, auf der Kuppelsüdseite vorwiegend N-fallende Hänge zur Verfügung. Die statistische Erscheinung kann also nicht durch eine Verfälschung des Meßergebnisses infolge Schnitteffekt erklärt werden.

In dieser Anordnung läßt sich die Andeutung eines Fächerbaues sehen. Doch konnten an den h0l-Fugen dieses — dem Kuppelbau zugeordneten — Fugenfächers keine eindeutigen Relativbewegungen abgelesen werden.

Ordnet man die beschriebenen Inhomogenitäten nach der Häufigkeit ihres Auftretens im untersuchten Bereich, ergibt sich die Reihenfolge: s; ac; h0l; bc; 0kl; hk0.

Das Gefüge im Bereich Dünnschliff bis Handstück

Charakteristische Korngefügediagramme verschiedener Mineralarten aus der Sengeser Kuppel sind in Diagramm 8 bis Diagramm 19 zusammengestellt.

Belegdiagramme zu B_1
Calcit

Geplättete Marmorlagen in den hangenden Serien der Sengeser Kuppel zeigen vielfach eine sehr scharfe Regelung. Die hier auftretende Regel zeigt das typische, aus s-Tektoniten bekannte Bild, hervorgerufen durch Einregelung von e $\{01\bar{1}2\}$ Calcit in ab des Gefüges: Das Maximum der Pole von e liegt in c des Gefüges, das Maximum der Calcit c-Achsen liegt in ac des Gefüges 26^0 schief zum Maximum der e-Lamellenpole. Damit ist Einregelung der kürzeren Diagonale in e in die Gefügegleitrichtung a bewiesen; a läßt sich aus den Maxima der eingemessenen e-Lamellen und der c-Achsen konstruktiv ermitteln (Diagramm 13).

In den stengeligen Gesteinstypen treten meist mehr oder weniger inhomogene Gürtelbesetzungen durch c-Calcit auf (Diagramm 8). Das zugehörige Diagramm der Pole von e (9) ist gut dem Glimmerdiagramm (10) korrelierbar.

Ein Beispiel eines Calcitgefüges mit einem relativ hohen „Offenheitsgrad" (Ladurner 1952) zeigt Diagramm 12. Das Diagramm 12 der Calcit-c-Achsen läßt sich gut mit dem Quarzdiagramm desselben Schliffes vergleichen, wobei die Quarzachsenmaxima gegenüber den Calcitachsenmaxima um ca. 30^0 in ac des Gefüges gleichsinnig verschoben erscheinen (D 11) (mit Ausnahme des Bereichs „links oben" in D 11). Man kann für derartige Beispiele annehmen, daß die mittelbare Regelung der Quarz- und Calcit-c-Achsen im gleichen Akt mit einem ähnlichen Regelungsmechanismus erfolgt sein muß. Fälle derartiger korrelater Häufungen finden sich bei Sander (1950, S. 128ff.) besprochen.

Quarz

Vorherrschender Regelungstyp ist der Kreuzgürtel (Diagramme 14, 37, 39, 42, 44) mit einem Öffnungswinkel um c des Gefüges von 55⁰ bis 80⁰. Rein geometrisch läßt sich der Kreuzgürtel als die Summe zweier (Okl)-Gürtel in symmetrischer Lage zu ac beschreiben. Auffällig an den in der Sengeser Kuppel auftretenden Kreuzgürteln ist ihre stets ungleichstarke Besetzung sowie das Auftreten von Untermaxima in diesen Kreuzgürteln, die in verschiedenen Diagrammen gegenüber den Gefügekoordinaten nicht streng gleiche Lage haben.

Das Diagramm 49 zeigt 42 — in ihrer geographischen Orientierung und mit ihren Gefügekoordinaten überlagerte — Maxima aus Kreuzgürteln der Sengeser Kuppel. Es ergibt sich ein wiederum ungleich besetzter Kreuzgürtel (Diagramm 49), woraus deutlich ist, daß die Besetzung der einzelnen Kreuzgürtel gleichseitig ungleich ist. Der stärker besetzte Okl-Gürtel aus Diagramm 49 streicht etwa NS und fällt mit ca. 45⁰ gegen Osten ein, der schwächer besetzte fällt mit ca. 75⁰ gegen W ein.

Bezieht man die in den Kreuzgürteln auftretenden Maxima auf Scherflächen hOl und Okl (vgl. Sander 1950, S. 211ff.), wie weiter unten angedeutet, so ergibt sich aus der regionalen gleichseitig ungleichen Besetzung auch regional ungleichscharige Scherung, was auf schiefe Pressung zurückführbar ist. Diese Deutung bleibt aber hypothetisch, solange der Quarzregelungsmechanismus nicht näher kontrollierbar ist. Die Beachtung der Korngefügesymmetrie ist die wichtigste Grundlage der Deutung, worauf Sander immer wieder hinweist.

Weiter läßt sich in allen diesen Beispielen ein mehr oder weniger deutlicher, mit dem Kreuzgürtel kombinierter Kleinkreis um c des Gefüges beobachten. Dies weist darauf hin, daß bei der Deformation neben Rotation Plättung maßgeblich beteiligt war. Die in den Kreuzgürteln auftretenden Maxima fallen häufig mit den aus s-Tektoniten bekannten Quarzmaxima zusammen (vgl. Sander 1930 [D 61]), und zwar: Maxima I oft ausgeprägt, daneben mit wechselnder Deutlichkeit Maximum II—IV sowie Maximum III. Die folgende Interpretation der Maxima ergibt sich aus verschiedenen Beobachtungen:

Maximum I: [0001] Quarz in a des Gefüges
Maximum II—IV [0001] Quarz in g in hOl des Gefüges
Maximum III: [0001] Quarz in g in Okl des Gefüges

wenn g Gleitgerade in hOl bzw. Okl ist. In einzelnen Fällen konnte Maximum II—IV entlang hOl, Maximum III entlang Okl als Scher-

flächeneigenregel nachgewiesen werden. Da die Maxima innerhalb der Kreuzgürtel in verschiedenen Diagrammen nicht lagekonstant sind, und auch der Winkel zwischen ihnen schwankt, scheidet für symmetrisch auftretende Maxima im vorliegenden Beispiel die Deutung als Zwillingsgefüge aus (vgl. SANDER 1930, S. 27, 180, 191/92; HO TSO LIN 1946; TROMMSDORFF und WENK 1963).

Der beschriebene Kreuzgürteltyp entspricht gut dem von RAMSAUER (1941) und SANDER (1950) untersuchten Regelungstyp der AVA Gries am Brenner, in welcher die Inhomogenitäten hOl und Okl durch Quarzfeinlagen belegt sind. Im Beispiel Gries erwies sich die Besetzung der Inhomogenitäten als polymaximal, damit ist natürlich in diesem Fall keine genetisch eindeutige Zuordnung der Maxima zu bestimmten Inhomogenitäten möglich. Die oben gegebene Interpretation ist somit rein beschreibend und nur in Fällen, in denen Scherflächeneigenregeln auftreten, hat sie genetische Bedeutung. Sie steht weiter in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der AVA an einem Quarz-Kreuzgürtel aus dem sächsischen Granulitgebirge durch BEHR (1961).

Diagramm 15 weicht von den übrigen Diagrammen in seiner Besetzung etwas ab. Es wurde in einer 1 cm dicken Quarzlage im Kerne eines Faltenstengels gemessen. Im Schnitt ⊥ B der Falte lassen sich an dieser Quarzlage schon makroskopisch deutlich zwei Scharen von hOl-Scherflächen beobachten. Diesen entsprechen die annähernd symmetrischen Maxima II. Im Schnitt ⊥ a ist einschariges steiles (spitzwinkelig zu ac) Okl als vielfach wiederholte Scherfläche zu beobachten. Das Okl tritt auch im Handstückbereich als Scherfläche auf. Diesem Scherungs-Okl läßt sich das periphere Maximum in D 15 zuordnen, das aber nicht mit Maximum II zusammenfällt, sondern auf einem 25°—30° um c des Gefüges verlaufenden Kleinkreis liegt. Der Kleinkreis selbst weist auf Plättung des Gefüges.

Diagramm 16 erlaubt eine von den übrigen Diagrammen abweichende Interpretation. Es wurde in einem dünnplattigen, einscharig geschieferten Chlorit-Albitphyllit des Kuppelhangenden gemessen. Die Annahme, daß in diesem Beispiel das Rhomboeder r $(10\bar{1}1)$ oder z $(01\bar{1}1)$ mechanisch als Translationsfläche wirkte, wird durch zwei Argumente gestützt:

1. sind neben dem scharfen Scherungs-s keine weiteren Inhomogenitäten deutlich, das Maximum kann somit diesem s zugeordnet werden.

2. beträgt der Winkel zwischen dem auftretenden Maximum (II) und s 35°—40°, was dem Winkel c-Quarz $\wedge$ r oder z (38°) entspricht. Anhand ähnlicher Beispiele diskutieren KOJIMA und SUZUKI

(1958, Fig. 16) und BEHR (1961) diese Interpretation eines einzeln auftretenden Maxismums II mit ablesbarem Relativsinn der Bewegung.

Auf die Analogie der auftretenden Kreuzgürtelbilder der Sengeser Kuppel mit den von WENK (1943) gemessenen Beispielen aus dem Verzascatal (Tessin) sei ebenfalls hingewiesen.

Chlorit und Glimmer

Neben dem stets vorhandenen, wechselnd stark besetzten Maximum der Spaltflächenpole in c des Gefüges treten häufig Untermaxima zu hOl-Flächen auf, verbunden mit einer starken Streuung in ac des Gefüges, die in stengeligen Gesteinstypen bis zur geschlossenen Gürtelbildung führt (Diagramme 10, 25, 26, 27, 41, 43).

Turmalin

Die Turmalin-c-Achsen besetzen stets ein starkes Maximum in b des Gefüges und zeigen daneben eine mehr oder weniger starke Streuung in ab mit Untermaxima 25^0—30^0 schief symmetrisch zu B (Diagramm 16). Eine Deutung der auch von LADURNER (1954) an Turmalinfalten gemessenen Untermaxima wird erst nach detaillierten Studien an geeignetem Material möglich sein.

Belege im Korngefüge zu B_2

B_2 wurde am Nordrand der Kuppel gemessen, und zwar im Albitgneis. Die Achse ist makroskopisch als flachwellige Faltung und als Lineation sichtbar. Das Hellglimmerdiagramm (D 17) zeigt ein Maximum der Pole von (001) in c des Gefüges mit Verbreiterung in ac_2. Im entsprechenden Diagramm zeigt Turmalin-c ein Maximum in B_2. Quarz konnte wegen starker Inhomogenität des Gefüges nicht gedeutet werden und bedarf einer AVA. Doch lassen sich die in den Kreuzgürtelbildern gemessenen Maxima III auf Okl_1-Scherflächen beziehen, die zu B_2 in hOl_2-Lage angeordnet sind. Damit kommt auch in Gebieten, in denen makroskopisch nur eine B-Achse deutlich ist, B_2 (als $B' \perp B_1$) im Quarzkorngefüge zum Ausdruck. Da sich B_2 altersmäßig nicht von B_1 trennen läßt, ist seine Deutung als $B' \perp B_1$ gerechtfertigt. Wie das Makrogefüge der Fugen, läßt auch das Quarzkorngefüge somit einen Bewegungsplan $B \perp B'$ erkennen.

Die Symmetrie des Korngefüges ist der Symmetrie des Großgefüges homotrop, monokline Symmetriebilder mit Symmetrieebene ac herrschen vor, in Bereichen mit deutlichem $B \perp B'$

herrscht trikline Symmetrie. Besonders die Quarzgefügediagramme lassen Übergänge zwischen beiden Symmetrietypen gut erkennen. Fast rhombische Symmetrie kann in den Beispielen mit Plättung gesehen werden.

V. Interngefüge

SANDER definiert (1930, S. 162): „Als Interngefüge bezeichnet man die Gesamtheit der innerhalb der Einkristalle K_2 liegenden Körner K_1, gleichviel ob es sich um einzelne Körner K_1 in mehreren K_2 oder um K_1-Gefüge in einem einzelnen oder mehreren K_2 handelt."

Die Bedeutung der Interngefüge für die Untersuchung der Beziehungen zwischen mechanischer Deformation und Kristallisation wird von SANDER bereits 1912 (S. 278f.) betont. 1914 folgt ein Beispiel der Gliederung einer Kristallisationsfolge durch Beobachtung des Interngefüges in einer Falte mit verschiedenen Holoblastenarten durch SANDER.

W. SCHMIDT untersucht und deutet erstmals 1918 „Einschlußwirbel" in Granat.

In der Arbeit „Über Tektonite mit Gürtelgefüge" (1928a) sowie im Abschnitt „Interngefüge, Keimregelung" (1930, S. 162ff.) gibt SANDER erstmals eine Übersicht über die theoretisch möglichen Arten von Interngefüge. Die verschiedenen möglichen Fälle, bei denen die Internregelung eine vom Feinbau der umschließenden Kristalle unabhängige Gefügeregel darstellt, werden systematisch diskutiert und z. T. anhand von Analysenbeispielen belegt.

1927 analysiert DRESCHER ein Beispiel von „Biotit in Mikroklin"-Gefüge, anhand dessen genetische Fragen diskutiert werden. Einen weiteren Beitrag liefert KORN 1928.

1928 führt SANDER mit Korn eine Analyse an „Quarz in Hornblende" und „Quarz in Albit"-Gefüge durch Vergleich mit dem Externgefüge bis zu einer geschlossenen Gefügesynthese, mit Gliederung der Kristallisationsfolge im Verhältnis zur Deformation. Weitere Beispiele gibt SANDER anhand des Interngefüges in Falten (1930, S. 262ff.).

In neuerer Zeit analysierte GRUSS (1955) Quarz und Glimmer in Mikrolin, LADURNER (1956) Quarz in Disthen, JONES (1959) Quarz in Albit, KNOPF (1949) Opazitlagen in Granat und Glimmer.

Die Ergebnisse aller dieser Arbeiten belegen die Bedeutung der Interngefüge für Fragen, die das Verhältnis Kristallisation zu

Deformation betreffen, sie zeigen aber auch deutlich, daß viele aus dem mikroskopischen Bild einfach erscheinende Vorgänge in Wirklichkeit polyphas und damit komplizierter sind, als man zunächst annehmen würde. Die statistische Korngefügeanalyse an Interngefügen ist also ein Mittel zur Verfeinerung und zur Deutung des mikroskopischen Befundes und wird besonders bei Fragestellungen, die das Verhältnis Kristallisation zu Deformation betreffen, notwendig.

Um so erstaunlicher mutet es an, daß bis in neuere Zeit die Zahl der Interngefügeanalysen relativ gering geblieben ist, daß zahlreiche mögliche Fälle überhaupt noch nicht analysiert wurden. Der Grund für diese Tatsache mag in dem relativ hohen Arbeitsaufwand liegen, den eine solche Analyse bereitet, weniger am Mangel von geeignetem Material.

Einfluß von Lösung auf das Quarzinterngefüge

Das bei der Albitbildung von diesem umschlossene Quarzgefüge stellt ein Relikt aus der Zeit der Albitkristallisation dar. Es ergibt sich die Frage, inwieweit dieses Dauerpräparat für einen Zustand vor der Albitkristallisation repräsentativ ist (vgl. TROMMSDORFF 1962, S. 28).

Dies ist es jedenfalls dann, wenn das gesamte vor der Kristallisation von Albit vorhandene Gefüge eines betrachteten Bereichs noch vorhanden ist. Da aber die Internquarze in Albit in den Gesteinen der Sengeser Kuppel deutlich durch Lösung konturiert und zum Teil nur noch sehr klein sind, und da sie im Gegensatz zum Externquarz kein geschlossenes Gefüge mehr darstellen, ist anzunehmen, daß ein Teil des ursprünglichen Quarzgefüges von Albit vollständig resorbiert wurde. Die erste Untersuchung galt daher der Frage, ob durch diese Resorption bestimmte Quarzkörner bevorzugt erfaßt wurden, Körner etwa von bestimmter Gestalt oder von bestimmter Lage der kristallographischen Richtungen gegenüber dem lösenden Albit. In diesem Fall zeigt das Interngefüge nur noch eine Restregel des vor der Albitbildung vorhandenen Quarzgefüges. Als derartiges „Schwundgefüge" läßt sich m. E. z. B. das von LADURNER (1956) gemessene Beispiel von Quarz in Disthen aus dem Untersulzbachtal deuten. Kontrolle auf Kornauslese durch Resorption („Resorptionsauslese") fehlt besonders bei JONES (1959), der in seiner Interngefügeanalyse Schnitteffekt vermutet, ohne befriedigende dreidimensionale Kontrolle der Korngestalten im Homogenbereich oder im gleichen Holoblasten durchgeführt zu haben.

Die Untersuchung wurde zunächst aus einer Probe aus den stark albitisierten Serien des Sengeser Kuppelkerns durchgeführt, wo das zeilenförmig durch das geschlossene Albitgefüge unverlagert hindurchziehende s aus Quarz andeutete, daß nach der Albitkristallisation keine Verdrehung der Albite mehr stattfand. Dies würde nämlich die Untersuchungen weiter komplizieren.

Die untersuchte Probe zeigt im Handstück einen deutlichen Lagenbau. In Lagen angeordnete Knötchen von Albit sind von Glimmerhäuten umschmiegt. Auf s ist eine Lineation //b erkennbar. b = B. Die Koordinaten für die weitere Betrachtung ergeben sich bereits aus dem Handstück.

An verschiedenen Schnitten wurde zunächst die Gestalt der Albite untersucht. Es ergab sich Linsenform der Körner mit statistisch kürzestem Durchmesser //c des Gefüges (im Mittel 2—3 mm) sowie längerem Durchmesser //a (4—5 mm), längstem Durchmesser //b (5 mm). Als schematischer Bezugskörper ergibt sich also ein schwach dreiachsiges Ellipsoid.

Schwieriger gestaltete sich die Untersuchung der Internquarzkörner. Es ergaben sich folgende Werte:

Schnitt	Längungsverhältnis		Mittlere Länge (mm)		
			//a	//b	//c
	mittl.	max.			
a	3:1	8:1	—	0,15	0,05
b	3:1	25:1	0,15	—	0,05
c	1:1	—	0,15	0,15	—

Als schematischer Bezugskörper für die Internquarze ergibt sich also ein sphäroidisches Ellipsoid mit kürzestem Durchmesser //c des Gefüges. Die Gestalt der Internquarze wurde sicherheitshalber auch an keilförmigen Schliffen untersucht und geprüft.

An den intensiv miteinander verzahnten Externquarzen konnte keine gestaltliche Vorzugsrichtung // einer Gefügerichtung festgestellt werden. In Diagramm 20 und 21 sind die Richtungen der längsten Korndurchmesser randlich statistisch ausgewertet.

Daraus ergibt sich: Quarz wurde von Albit bevorzugt in Richtung c des Gefüges abgebaut, weniger stark in den Richtungen b und a. Besteht nun im Externgefüge ein Zusammenhang zwischen der Orientierung der c-Achse des Quarzes und der Orientierung seines längsten Korndurchmessers (Gefügetracht), so werden bei bevorzugter Resorption in Richtung c des Gefüges zunächst solche Körner abgebaut, die mit ihrem längsten Durchmesser ⊥c liegen. Damit werden zugleich die mit diesen längsten Durchmessern

zusammenfallenden c-Achsenlagen von Quarz aus dem Gefüge bevorzugt ausgemerzt, und das Interngefüge stellt eine Restregel dar, in der diese Richtungen fehlen oder unterbetont sind. Da in unserem Beispiel im Externgefüge keine Gefügetracht vorliegt, ist auch keine Restregel zu erwarten für den Fall, daß eine ausreichende Zahl von Körnern im Interngefüge zur Messung vorhanden ist.

Die Diagramme 20 und 21 zeigen durch ihre gute Übereinstimmung, daß tatsächlich keine Restregel im Interngefüge vorhanden ist. Die Regel wurde an Schliffen ⊥ a überprüft. Da keine Gefügetracht des Quarzes vorliegt, kann im vorliegenden Beispiel selbstverständlich auch der Schnitteffekt in bezug auf die Lagenkugelbesetzung von c-Quarz nicht das Meßergebnis verfälschen.

Das Albitgefüge konnte nur angenähert erfaßt werden, da die meisten Körner keine Spaltrisse und nur selten Zwillinge zeigen, so daß lediglich die Richtungen [n_α], [n_β], [n_γ] gemessen werden konnten. [n_β] bildet mit [001] bei Albit einen Winkel von $18^1/_2{}^0$. Berücksichtigt man diese Tatsache, so ergibt sich als extreme Lagemöglichkeit für [001] die in Diagramm 22 eingezeichnete Grenze. Somit ist für dieses Beispiel die Lage von [001] Albit in s am wahrscheinlichsten. Wesentlich stärkere Streuung zeigt das Diagramm 23 von [n_γ]-Albit. Der Winkel zwischen [n_γ] und der Normalen auf (010) beträgt ebenfalls etwa $18^1/_2{}^0$ bei Albit. Aus den Diagrammen 22 und 23 ergibt sich somit, daß die Lage von (010) in s und von [001] (als Gerade in (010)) in s im vorliegenden Beispiel als Regel wahrscheinlich ist. Eine genauere Aussage läßt sich mangels weiterer kristallographischer Daten leider nicht machen.

Die Analyse zeigt also folgendes:

1. Gefügetracht fehlt extern und intern bei Quarz.

2. Quarz Extern- und Interngefüge sind streng homotrop.

3. Die Kristallisation von Albit erfolgte postdeformativ unter Abbildung des vorhandenen Gefüges durch die Gestalt der Albite. In der Albitregelung nach dem Kornfeinbau kommen die Gefügerichtungen ebenfalls zum Ausdruck, was durch Keimregelung hervorgerufen sein kann.

4. Die Resorption von Quarz durch Albit erfolgte in verschiedenen Richtungen des Gefüges verschieden schnell. Die Richtungen maximaler und minimaler Resorption (? auch Resorptionsgeschwindigkeit?) sind nicht vom Quarzgitter abhängig, sie fallen aber mit den Hauptrichtungen c und b des Gefüges zusammen. Inwieweit die bevorzugte Resorption von der Lage des Albitgitters abhängt, bleibt offen. Jedenfalls kommen in verschieden orientierten Albiten immer nur die Richtungen des Gefüges in der Gestalt der Internquarze zum Ausdruck.

Die bevorzugte Resorption dürfte mit der Anisotropie des Gefüges und der damit verbundenen besseren Wegsamkeit zusammenhängen. Dies ist dann einleuchtend, wenn man bedenkt, daß bei der Kristallisation von Albit bereits ein Lagenbau aus Quarz und Glimmer vorhanden war und diese Lagen zunächst als Angriffsflächen für Lösung dienten, während Angriffsflächen quer zum Lagenbau erst durch Lösung geschaffen werden mußten. Dieser Ansicht wird auch die Tatsache gerecht, daß völlig von Albit imprägnierte Falten durch die Gestalt der Internquarze in Albit abgebildet werden. Die Internquarze liegen dann mit ihrem längsten Durchmesser parallel der Faltenkontur. In diesen Fällen erscheint mir das Riecke-Prinzip nicht als für die bevorzugte Resorption maßgeblicher Faktor anwendbar. In Fällen mit unverbogenem internem s läßt es sich zunächst nicht ausschließen.

Inhomogen geregelte, abwickelbare Biegefalte mit Interngefüge

Durch Analyse des Extern- und Interngefüges in Albit einer Falte wurde versucht, das Altersverhältnis von Albitisation zu Faltung genauer zu bestimmen. Für den Fall von Albitisation nach der Faltung oder bei reiner Biegefaltung eines albitisierten Gefüges (mit Albitisation vor der Faltung) war Übereinstimmung der Diagramme des Extern- und Interngefüges zu erwarten. Doch sollten bei prä- und paratektonischer Albitisation alle Teilbewegungen der Faltung, die eine über die reine Biegung des Gefüges hinausgehende Verformung (Scherung) zur Folge haben, zeitlich von der Kristallisation des Albit durch Interngefügeanalyse zu trennen sein.

Zur Analyse ausgewählt wurde eine Biegefalte aus dem Bereich NW der Kuppel („Abhang des Saun gegen Pfitschtal") aus einem Biotit-Albit-Stengelgneis. Die schon makroskopisch erkennbaren Bereiche stärkerer Albitisation zeigen eine inhomogene Verteilung im Gefüge und halten sich (? aus Gründen der besseren Wegsamkeit?) nur an bestimmte Lagen.

Eine Übersicht über die analysierten Bereiche gibt Diagramm 24. Die am U-Tisch eingemessenen si (als Ebene in Albit) sind durch ihre Pole (mit für die verschiedenen Bereiche unterschiedlichen Signaturen) in D 24 dargestellt. Schon aus der Verteilung der si-Pole ist die gute Abwickelbarkeit der Falte deutlich.

In Bezug auf Glimmer ist die Falte vollkommen abwickelbar (Diagramme 25, 26, 27). Die Glimmerdiagramme zeigen Einregelung von (001)-Glimmer in zwei Scharen von unter 40—50⁰ sich schneidenden h0l-Flächen des Gefüges, das anschließend homoachs

gebogen wurde. Damit sind bereits aus den Glimmerdiagrammen zwei zeitlich voneinander trennbare Phasen der Deformation ablesbar:

1. Anlage der hOl-Flächen unter Scherung.
2. Biegefaltung.

Quarz (extern) zeigt eine Regelung, die sich ebenfalls der 1. Phase der Deformation zuordnen läßt. Das Quarzgefüge wurde anschließend gebogen (Diagramme 28, 29, 30). Doch ist die Abwickelbarkeit der Quarzdiagramme, besonders des rechten Faltenbereichs, nicht so vollkommen wie bei den Glimmerdiagrammen. Auffällig ist das starke Maximum von Quarz-c in B des Gefüges, besonders in Diagramm 29. Es ist aber auch im Diagramm 31 deutlich, das die Teilbereiche der Falte abgewickelt überlagert darstellt. Das Maximum in B läßt sich Teilbewegungen //b zuordnen, die offenbar mit zunehmender Einengung auftraten und stellenweise eine Faltung mit der Achse B_2 hervorriefen. Die zunächst naheliegende Vermutung, das Maximum in B sei durch Schnitteffekt (Langquarze //b) zu stark betont, bestätigte sich nicht, da das zur Kontrolle gemessene Diagramm $\perp$ a in jenes $\perp$ b durch Rotation um c überführbar ist.

Das Maximum in B fehlt in den Diagrammen des Interngefüges (32, 33, 34, 35) die im übrigen gute Übereinstimmung mit den Diagrammen des Externgefüges zeigen. Somit ist die Entstehung des Maximums in B im Externgefüge nach der Albitbildung wahrscheinlich.

Aus der Faltenanalyse läßt sich also folgende Abfolge von Kristallisation zu Deformation ableiten:

1. Kristallisation von Quarz und Glimmer.
2. Anlage eines zweischarigen Scherungs-s (hOl) zu B_1.

3a. Homoachse Faltung des zerscherten Gefüges.

3b. Albitisation, teilweise Rekristallisation von Quarz und Hellglimmer.

4. Weitere Einengung mit Teilbewegungen //b.

Die Albitisation ist jünger als Scherung und Faltung in diesem Bereich, wurde aber von einzelnen Bewegungen überdauert. Insgesamt ergibt sich parakristalline Deformation in bezug auf Albit.

Eine weitergehende Deutung der Diagramme wurde vermieden.

Verlagerte Interngefüge

Die neuere petrographische Literatur hat sich in zahlreichen Fällen die Beobachtung rotierter Holoblasten, an Hand von Einschlußwirbeln, verlegtem si usw. zunutze gemacht, um Fragen, die

das Verhältnis Kristallisation zu Deformation betreffen, zu klären. Daß die zweidimensionale Betrachtung solcher Bewegungsbilder für eine Deutung unzureichend ist und weder Rotationsbetrag noch Rotationsachse (und damit auch nicht den genauen Bewegungssinn und -betrag) ablesen läßt, ist evident. Dreidimensionale Beobachtungen an ein und demselben Holoblasten sind aber meist nicht an zwei senkrecht aufeinanderstehenden Schliffen durchführbar. Solange es sich um isometrische Holoblasten von statistisch gleicher Größe, gleicher Rotationsachse und gleichem Rotationsbetrag handelt (häufig Granat), kann die dreidimensionale Betrachtung an verschiedenen Holoblasten erfolgen, ohne daß Schwierigkeiten in der Deutung der Beobachtungsergebnisse auftreten. Komplizierter sind dagegen Fälle, in denen der Holoblast heterometrisch ist und der Grad der Verdrehung von seiner Ausgangslage gegenüber den das Gefüge durchbewegenden Kräften abhängt. In vielen Fällen vermittelt hier die Interngefügeanalyse ein dreidimensionales Bild dadurch, daß Ausgangs- und Endlage des Holoblasten feststellbar sind. Die somit zu konstruierende Rotationsachse entspricht der Annahme, daß der Holoblast seine Endlage auf dem kürzesten Weg aus der ursprünglichen Lage erreicht hat, was nicht der Fall sein muß. In allen jenen Fällen, in denen der Holoblast während der Umwachsung des Gefüges verdreht wurde, wird das umschlossene s gegenüber dem externen s verkrümmt. In günstigen Fällen läßt sich aus den entstandenen Verkrümmungen Rotationssinn und -betrag des Holoblasten ermitteln (vgl. SCHMIDT 1918). Hier sollen zunächst Fälle betrachtet werden, in denen das umschlossene Gefüge gegenüber dem externen Gefüge zwar verdreht, aber nicht innerhalb des Holoblasten verkrümmt wurde. Für alle diese Fälle gilt natürlich, daß der Holoblast erst nach Umschließung eines Gefüges verdreht wurde.

Die Interngefügeanalyse kann erfolgen durch:

1. Einmessung von si als Lage im Holoblast und Vergleich mit se des angrenzenden Gefüges (z. B. KNOPF 1948). Verschiedene Lage von si und se kann bedeuten:

a) si wurde gegenüber se verstellt, z. B. durch Rotation des Holoblasten.

b) se wurde gegenüber si verstellt, z. B. durch Anlage eines neuen Schieferungs-s.

Gleiche Lage von se und si können bedeuten:

a) Der Holoblast wurde nach seiner Bildung nicht mehr verdreht.

b) Der Holoblast wurde um eine Achse ⊥ zu s verdreht.

Unverstelltes si bedeutet weiter nicht, daß auch Intern- und Externgefüge gleich geregelt sein müssen (vgl. z. B. Sander und Korn 1928, Ladurner 1956). Die bloße Einmessung von se und von si als Lage im Holoblast kann somit mehrdeutig sein. Eine Verfeinerung der Analyse ist möglich durch:

2. Messung des internen und des externen Korngefüges. Die verschiedenen Möglichkeiten des Verhältnisses der Internregelung (ri) zur Externregelung (re) sind von Sander (1930, S. 162ff.; 1950, S. 124ff.) besprochen. Analysenbeispiele sind für eine Reihe dieser Fälle bisher noch nicht durchgeführt.

Beispiele von Verdrehungen der Albitholoblasten

Im Albitfels und in den Albitgneisen des Sengeser Kuppelkerns belegt strenge Homotropie des Quarz in Albit und des Quarzexterngefüges daß nach der Bildung von Albit keine Durchbewegung des Gefüges mehr stattgefunden hat (Diagramme 20, 21). In den hangenden Schieferserien finden sich dagegen Hinweise auf Bewegungen, die die Albitkristalloblastese überdauerten. Schon in der Faltenanalyse (D 25—35) sind schwache postalbitische Bewegungen angedeutet; sind Intern- und Externgefüge in den einzelnen Teilbereichen nicht mehr streng homotrop.

Das folgende Beispiel wurde in einem quarzreichen Hellglimmer-Albitknotenschiefer gemessen (Diagramme 36—39). Das Gestein stammt aus höheren Serien der unteren Schieferhülle (Lokalität: Graben b. Tulfer im Pfitsch, 1520 m). Quarzlagen von mm-Dicke enthalten reichlich linsenförmige Albitknötchen, die von dünnen Glimmerhäuten umschmiegt sind.

Wie die Teildiagramme 34 (zu 35) und 36 (zu 37) zeigen, ist keine Resorptionsauslese zu erwarten, da Gefügetracht im Externgefüge nicht deutlich ist. Damit scheidet auch Schnitteffekt, der das Meßergebnis verfälschen könnte, aus. Die unterschiedliche Besetzung der Lagenkugel im Intern- und Externgefüge ist somit auf eine postalbitische Deformation zurückzuführen (Diagramme 37 und 39). Daß die Deformation auch die Albite, und zwar unterschiedlichen Grades verdreht haben muß, zeigt auch D 40, in dem aus drei Albiten gemessenes Interngefüge von Quarz zusammengefaßt ist, und in dem keine deutliche Regelung mehr erkennbar ist. Betrachtet man unter diesem Aspekt die Diagramme 37 und 39, so ergibt sich im Interngefüge eine Verdrehung des Kreuzgürtels gegenüber dem Externgefüge um 30°, was durch Rotation des Albites erklärbar ist. Die konstruktiv ermittelte Rotationsachse fällt zwischen B und c des Gefüges. Auch in weiteren Fällen

konnten Verdrehungen von Albit um Achsen festgestellt werden, die nicht etwa, wie man im Idealfall erwarten sollte, mit der Rotationsachse B des Gefüges zusammenfallen, sondern z. T. sogar senkrecht dazu liegen. Deutliche Belege hierfür geben die Diagramme 41—45. Das Gestein, ein quarzreicher Muskowit-Albitknotenschiefer zeigt auf s ein deutliches B als Lineation und im ac-Schnitt Intersektion von hOl-Flächen. Makroskopisch sind mm-dicke Quarzlagen erkennbar sowie bis $^1/_2$ cm große linsenförmige Albite. Bei der Einmessung des Quarzexterngefüges wurden Körner in unmittelbarer Nachbarschaft zu Albit vernachlässigt, um Inhomogenitäten um Albit nicht im Diagramm mit zu erfassen. Das sehr reichlich in Albit enthaltene Interngefüge wurde dagegen vollständig gemessen. Sowohl das Interngefüge von Quarz (D 44) als auch von Hellglimmer (D 43) sind durch Rotation von 30^0 um c des Gefüges in das jeweilige Externgefüge überführbar (D 41, 42). Damit ist Rotation des Albitholoblasten eindeutig nachgewiesen. D 45 zeigt das Quarzinterngefüge aus einem weiteren Albit, auch hier scheint Verdrehung gegenüber dem Externgefüge stattgefunden zu haben, was sich aber infolge der geringeren Kornanzahl nicht so gut belegen läßt wie in D 44.

Auffällig ist noch folgendes: Während die hOl-Flächen im Quarz- wie im Glimmergefüge deutlich belegt sind (Maximum II bei Quarz, Untermaxima im Glimmerdiagramm), fehlt im Glimmergefüge ein Beleg für die im Quarzgefüge ⊥ a als periphere Maxima belegten Okl-Scherflächen. Es kann dies dahingehend gedeutet werden, daß die Deformation, die die Okl-Flächen prägte, zwar das schnell reagierende Quarzgefüge erfaßte, aber keine ausreichende Kraft besaß, um Glimmer in Okl-Flächen zu schleppen, wie es etwa im Gegensatz hierzu bei der AVA Raintal (Ramsauer 1941; Sander 1950) deutlich ist.

Im vorliegenden Beispiel ist die Deformation deutlich in zwei Phasen gliederbar: in eine voralbitische und in eine nachalbitische. Da das Externgefüge von Albit ohne Verdrehung der Einzelkörner gegeneinander, umschlossen und anschließend als Ganzes verdreht wurde (also intern keine Verkrümmung erfuhr), muß angenommen werden, daß während der Albitkristallisation keine Durchbewegung des Gefüges stattfand, oder daß die Kristalloblastese im Vergleich zur Deformation einen sehr kurzen Zeitraum beanspruchte, der keine parakristalline Verdrehung des Albit erlaubte. Die Rotation der Albitholoblasten um verschiedene Achsen läßt sich als Folge der Kornheterometrie verstehen: Die Albite zeigen in den meisten Gesteinstypen der Sengeser Kuppel eine gestaltliche Regel mit

längstem Durchmesser in s, kürzestem ⊥ s, was Bewegungen der Holoblasten um Rotationsachsen in s erschwert. Dies scheint besonders dann zu gelten, wenn das Gestein verschieden starre Lagen enthält, von denen die einen (Glimmerlagen) als Gleithorizonte wirken, die anderen (Quarzlagen) als starre Bretter gleiten. Daß in homogeneren Gesteinen Albit wesentlich besser zu rotieren vermag, zeigen die Diagramme 46—48, die in einem Albit-Chloritphyllit gemessen wurden, in dem Albit als starrer Körper in einem Chloritteig von der letzten Durchbewegung noch erfaßt wurde:

Das Gestein zeigt im Handstück stengeligen Bruch, Albit ist besonders im ac-Schnitt als Knötchen von 2 mm Durchmesser deutlich erkennbar. Im Dünnschliff ⊥ b ist s und zwei symmetrische hOl-Scherflächensysteme, die von Chlorit besetzt sind, deutlich. Parallel zu diesen hOl-Scherflächen liegen die Schenkel einer deutlich ausgeprägten Kleinfältelung. Chlorit zeigt neben Biegung auch häufig sperrige Anordnung, also Rekristallisation, besonders in Faltenknien. Schwach heterometrische Albitknötchen von maximal 2 mm Größe sind besonders in Faltenknien angeordnet und zeigen eine relativ homogene Verteilung im Dünnschliffbild ⊥ b. Als Interngefüge ist in allen Albiten Chlorit enthalten, und zwar stets als gerades si, im Gegensatz zum se, das gefältelt ist. Andere Mineralien treten in dem Gestein nur akzessorisch auf: Titanit, Epidot, Erz.

Das Diagramm des Externgefüges von Chlorit zeigt ein starkes Maximum der (001)-Pole ⊥ s, also in c des Gefüges, sowie 2 zu s symmetrisch liegende Maxima, die den Schenkeln der Kleinfältelung bzw. // dazu verlaufenden hOl-Flächen entsprechen. Sie bilden mit s einen Winkel von je 35^0. Weiter ist ein schwaches Maximum nahe a deutlich, das von rekristallisiertem Chlorit um Albit gebildet wird. Ein Beispiel von Chlorit intern in Albit stellt D 47 dar. Das interne s bildet mit dem externen einen Winkel von 68^0, was durch Rotation des Albites um 68^0 (oder $68+n\cdot180^0$) bedingt ist. Um die Verdrehung der Albite statistisch zu untersuchen, wurde das si aus sämtlichen Albiten des Schliffes einzumessen versucht, was an 38 Albiten möglich war, in vier Fällen konnte das si nicht eindeutig gemessen werden. Diagramm 48 zeigt die Pole von si aus 38 Albiten. Während in einer Reihe von Albiten si nahezu parallel zu se verläuft, bildet es in einzelnen Fällen mit se einen Winkel bis zu 90^0. Doch liegen alle si-Pole deutlich in ac, Rotation fand also mehr oder weniger streng um B des Gefüges statt. Daß sich für verschiedene Holoblasten verschiedene Rotationsbeträge ergeben, kann zwei Gründe haben: Entweder waren die

verschiedenen von Albit umschlossenen si von vorneherein nicht untereinander parallel, oder die einzelnen Albite rotierten entsprechend verschiedener Ausgangslage so lange, bis sie die Stellung des geringsten Widerstandes gegenüber dem umfließenden Chlorit einnahmen. Da zahlreiche si gegenüber se nahezu unverdreht sind, kann angenommen werden, daß ein Teil der Albite überhaupt nicht rotierte und nur Körner mit für Rotation günstiger Ausgangslage von der Durchbewegung miterfaßt wurden. Doch ist diese Frage durch Einmessung von si als Lage im Holoblast nicht eindeutig zu beantworten und muß im vorliegenden Beispiel offen bleiben.

Einige weitere Ergebnisse und Deutungen

Die beschriebenen Beispiele Diagramm 22—48 zeigen für die Sengeser Kuppel, was das Verhältnis Albitbildung zu Deformation betrifft, verschiedene Ergebnisse, die sich folgendermaßen zusammenfassen lassen:

Kuppelkern	Serien im Hangenden des Kuppelkerns	
Albitgneis ob Pfitschtalbrücke beim Archer	Biotit-Albit-Stengelgneis, Fuß des Saun gegen Afens	Musk.-Albit-Knotenschiefer ob Tulfer; Albit-Chloritphyllit, Graben b. Archer
1. Deformation B_1	Deformation B_1	Deformation B_1
2. Albitneubildung	Albitneubildung	Albitneubildung
3. —	Schwache Bewegungen ohne Verdrehung der Albite	Durchbewegung mit Verdrehung von Albit
4. —	Lokale Bildung von Randsäumen Albit um Albit	

Die Bewegungen nehmen vom Kuppelkern gegen das Hangende nicht nur zu, sie überdauern im Kuppelhangenden auch die erste Phase (vielerorts einzige Phase) der Albitkristalloblastese. Für diese Erscheinung ergeben sich zwei Erklärungsmöglichkeiten:

1. Die Deformation dauerte in den hangenden-Serien länger an, da die starke Albitisation im Kuppelkern (massiger Albitfels) eine Versteifung des Gefüges zur Folge hatte: die Bewegungen erfolgen selektiv, nach dem Prinzip des geringsten inneren Widerstandes. Größere Teilbeweglichkeit herrscht dort, wo Albit quantitativ zurücktritt.

2. Die Albitisation erfolgte im Kuppelkern später als in den hangenden-Serien, als Folge einer rückschreitenden Temperaturfront. Diese Erklärung erscheint mir weniger wahrscheinlich als die

erste, da die Fazies in der gesamten Sengeser Kuppel in ein geringes Temperaturintervall der Epizone fällt, Albit aber über ein großes Temperaturintervall stabil ist.

Man kann nun die Metamorphose in einigen Serien der Sengeser Kuppel rein gedanklich in zwei Phasen gliedern, in eine voralbitische und in eine zweite, die den ersten Akt der Albitkristallisation überdauerte. Berücksichtigt man daneben die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung, so ergibt sich ein Schema für das Verhältnis Kristallisation zu Deformation, das folgendermaßen aussieht:

	Lagenbau s	**Deformation 1**			**Deformation 2 (lokal)**	
		prä	para	post (prä 2)	para	post (+ Kluftphase)
Quarz	*			*		*
Biotit		*				
Hellglimmer			*			
Turmalin			*			
Epidot			*			
Hornblende		*				
Chlorit				*		*
Albit				*		* (lokal)
Karbonat	*	*		*		*

Deformation 2 ist im Kuppelkern nicht nachweisbar. Der älteste in der Sengeser Kuppel nachweisbare Lagenbau (Opazit und Quarz als Lage in deformiertem Querbiotit) kann sedimentäres oder Schieferungs-s sein, was offen bleiben muß, da das Quarz im Biotit-Gefüge zu spärlich ist, um eine Aussage zu erlauben.

Ebenso wie die Deformation ist auch die Tauernkristallisation im Bereich der Sengeser Kuppel (und, wie im Gange befindliche Interngefügeanalysen aus anderen Bereichen der unteren Schieferhülle beweisen) in der unteren Schieferhülle des Tauern-Westendes mehrphasig und enthält durch Interngefügeanalyse gliederbare Mineralabfolgen.

Der von anderen Gebieten der Tauern bekannte Temperaturanstieg während der Tauernkristallisation (vgl. z. B. KARL 1959) konnte in der Sengeser Kuppel nicht nachgewiesen werden. Die interngefügefreien Randsäume um Albit bestehen wiederum nur aus Albit.

Literatur

ANGEL, F., 1940: Mineralfazies und Mineralzonen in den Ostalpen. Wissenschaftl. Jb. Univ. Graz, 251—304.

BEHR, H. J., 1961: Beiträge zur petrographischen und tektonischen Analyse des sächsischen Granulitgebirges. Freiberger Forschungshefte, C 119, 1—146.

CHRISTA, E., 1931: Das Gebiet des oberen Zemmgrundes in den Zillertaler Alpen. Jb. geol. B. A. 81, 533—636.

DRESCHER, F. K., 1927: Über Mikroklinholoblasten mit Grundgewebseinschlüssen, Internregelung von Biotit und einige diesbezügliche genetische Erwägungen. Notizbl. d. Hess. geol. Landesanstalt, 5. Folge 10, 246—269.

FRASL, G., 1958: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. Jb. geol. B. A. 101, 323—471.

— 1960: Zum Stoffhaushalt im epi- bis mesozonalen Pennin der mittleren Hohen Tauern während der alpidischen Metamorphose. Geol. Rdsch. 50, 192—203.

FRECH, F., 1905: Über den Gebirgsbau der Tiroler Zentralalpen. Wiss. Ergänzungsheft, Ztschr. D. u. Oe. A. V. 2, 1.

GRUSS, H., 1955: Interngefüge der Kalifeldspate in einem Ötztaler Gneis. Tscherm. min. petr. Mitt. NF. 5, 3, 231—241.

HO, TSO LIN, 1946: Petrofabric analysis of some wutai schist and its bearing on the tectonite. Bull. geol. Soc. China, XXVI, 109—119.

JONES, K. A., 1959: The significance of Schnitteffekt in petrofabric diagrams. Am. J. Sc. 257, Jan. 1959.

KARL, F., 1954: Der derzeitige Stand B-achsialer Gefügeanalysen in den Ostalpen. Jb. geol. B. A. XCVII, 133—152.

— 1959: Vergleichende petrographische Studien an den Tonalitgraniten der Hohen Tauern und an den Tonalitgraniten einiger periadriatischer Intrusivmassive. Jb. geol. B. A. 102, 1—192.

KNOPF, I., 1949: Fugengefüge und Teilbewegung eines kristallinen Schiefers mit Granat- und Glimmerholoblasten. Ber. Natwiss. med. Verein Innsbruck.

KOJIMA, G. and SUZUKI, T., 1958: Rock structure and quartz fabric in a thrusting shearzone the Kiyomizu zone in Shikoku, Japan. J. Sc. Hiroshima Univ. C. 2, 3, 173—193.

KORN, D., 1928: Tektonische und Gefügeanalytische Untersuchungen im Grundgebirge des Böllsteiner Odenwaldes. Diss. Univ. Heidelberg, 1928.

LADURNER, J., 1952: Zur Kenntnis von Korundgefügen (AVA an Naxos Smirgel). N. Jb. Min. Abh. 84, 1—42.

— 1954: Beiträge zur Typisierung von Falten III. Heteroachs geregelte Turmalinfalte. Jb. geol. B. A. 97, 65—70.

— 1956: Untersuchungen am Interngefüge von Disthen (Disthenquarzit Untersulzbachtal). Tscherm. mineral. petrogr. Mitt. III. F. 5, 380—393.

RAMSAUER, H., 1941: Achsenverteilungsanalysen an Quarztektoniten. Diss. Innsbruck, Nr. 304.

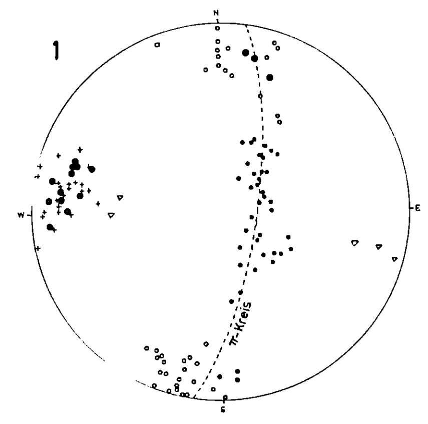
SANDER, B., 1911: Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern, I. Bericht. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. 82.

— 1912: Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes. Jb. k. u. k. geol. R. A. 62, 219—294.
— 1914: Über Kristallisation und Faltung einiger Tiroler Schiefer. Jb. k. u. k. geol. R. A. 64.
— 1915: Beiträge aus den Zentralalpen zur Deutung der Gesteinsgefüge. Jb. k. u. k. R. A. 64, 567—634.
— 1921 a: Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern, II. Bericht Jb. geol. Staatsanst. 71, 273—298.
— 1921 b: Zur Geologie der Zentralalpen. Jb. geol. Staatsanst. 71, 173—224.
— 1928 a: Über Tektonite mit Gürtelgefüge. Fennia 50/14, 3—25.
SANDER, B. und KORN, D., 1928 b: Über einen Fall von Kristallisationsschieferung mit Internregelung. N. Jb. Min. 57, 1149—1184.
SANDER, B., 1930: Gefügekunde der Gesteine. Wien.
— 1934: Fortschritte der Gefügekunde der Gesteine, Anwendungen, Ergebnisse, Kritik. Fortschr. Min. 18, 111—170.
— 1940: Neuere Arbeiten am Tauernwestende aus dem mineralogisch-petrographischen Institut Innsbruck. Mitt. Reichsstelle f. Bodenforschg., 121–138.
— 1942: Über Flächen und Achsengefüge (Westende der Hohen Tauern), III. Bericht. Mitt. Reichsamt f. Bodenforschg. 4, 3—94.
— 1948: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, Bd. I. Wien-Innsbruck.
— 1950: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, Bd. II. Wien-Innsbruck.
SANDER, B., KASTLER, D. und LADURNER, J., 1954: Zur Korrektur des Schnitteffekts in Gefügediagrammen heterometrischer Körner. Sitzungsber. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. I, 163, 401—424.
SCHMIDEGG, O., 1949: Bericht über die 1947 und 1948 durchgeführten Aufnahmen im Gebiete von Gerlos. Verh. geol. B. A. Wien 1949.
SCHMIDT, W., 1918: Bewegungsspuren in Porphyroblasten kristalliner Schiefer. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. I, 127.
TERMIER, P., 1905: Les Alpes entre le Brenner et la Valtelline. Bull. Soc. geol. France 4/V, 210ff.
TROMMSDORFF, V., 1962: Untersuchungen an Interngefügen in der unteren Schieferhülle der Hohen Tauern, I. Bericht. Anz. math.-nat. Kl. Österr. Akad. Wiss., Wien, 3, 26—29.
— 1962: Untersuchungen an Interngefügen in der unteren Schieferhülle der Hohen Tauern, II. Bericht. Anz. math.-nat. Kl. Österr. Akad. Wiss., Wien, 11, 165—168.
TROMMSDORFF, V. und WENK, E., 1963: Diskussion eines Zwillingsgefüges durch Achsenverteilungsanalyse eines Tessinergneises. Schweizer. min. petr. Mitt. 43, 687—700.
Wenk, E., 1943: Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin). Schweizer. min. petr. Mitt. 23, 265—294.

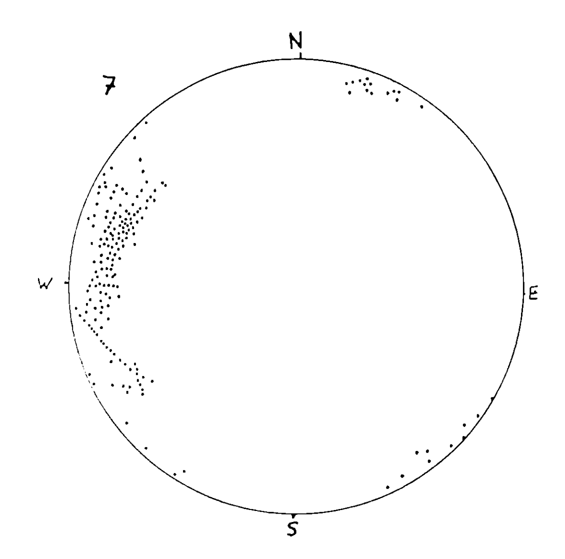
Geologische Karten:

SANDER, B.: Westende der Hohen Tauern, ca. 1:100.000 (nach Aufnahmen 1:25.000). Jb. geol. B. A. LXX, 1920.
Foglio VI della Carta d'Italia 1:100.000, Bressanone; Aufnahme B. SANDER.

Diagramme 1—7: Flächige und lineare Gefügedaten aus dem Bereich Handstück bis Profil.



1. 132 flächige und lineare Gefügedaten aus dem Gesamtbereich der Sengeser Kuppel.
   Kreuzchen: Pole von Flächen in ac-Lage zu B_1.
   große Punkte: B-Achsen (Faltenachsen).
   kleine Punkte: Pole von s-Flächen.
   Kreise: Pole von Flächen in hOl-Lage zu B_1.
   Dreiecke: Pole von Flächen in Okl-Lage zu B_1.
   Quadrate: Pole von Flächen in hkO-Lage zu B_1.



7. Schnittgerade (β) von s-Flächen.

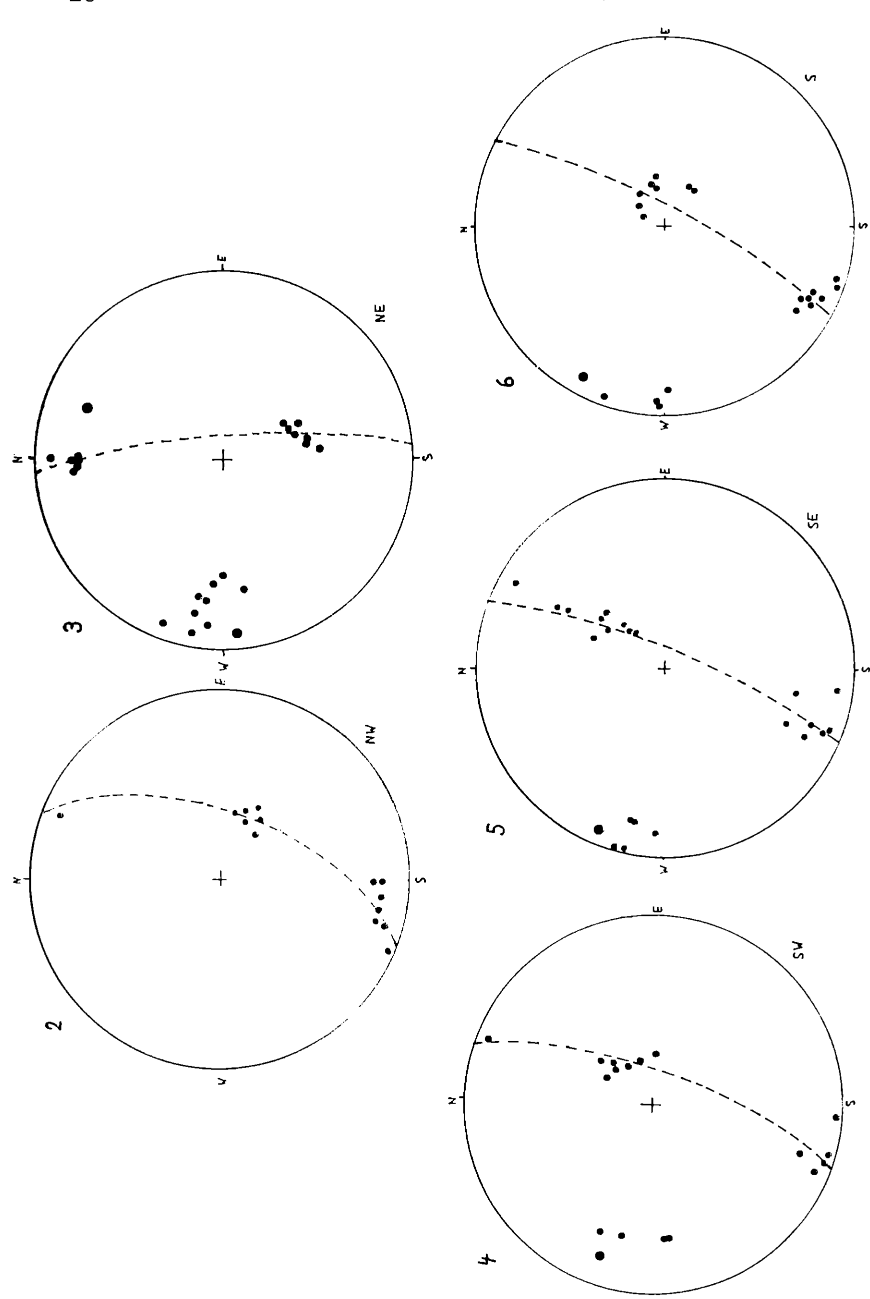
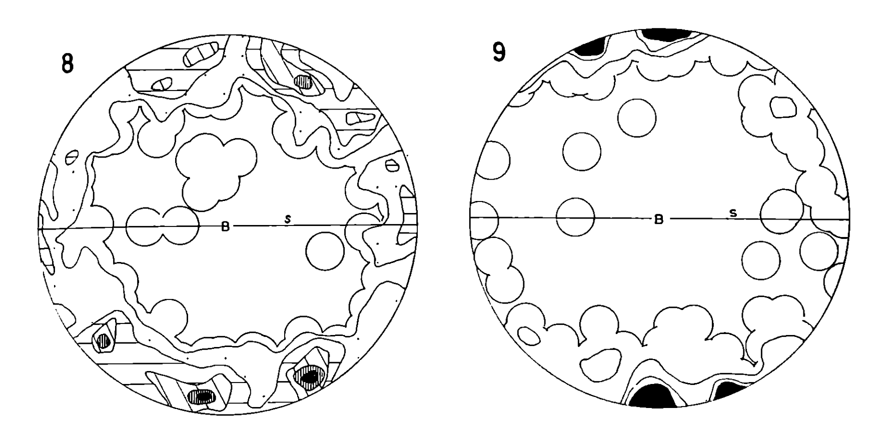
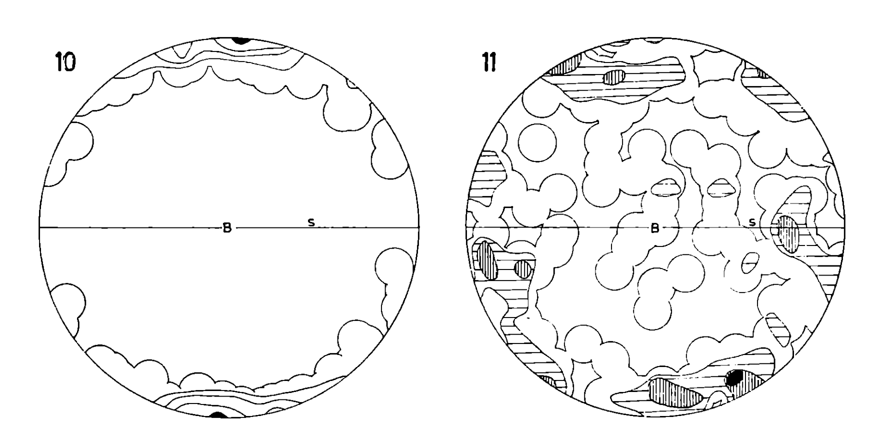

2
N
S
NW
3
N
S
E
W
NE
4
N
S
E
W
SW
5
N
S
E
W
SE
6
N
S
E
W
S

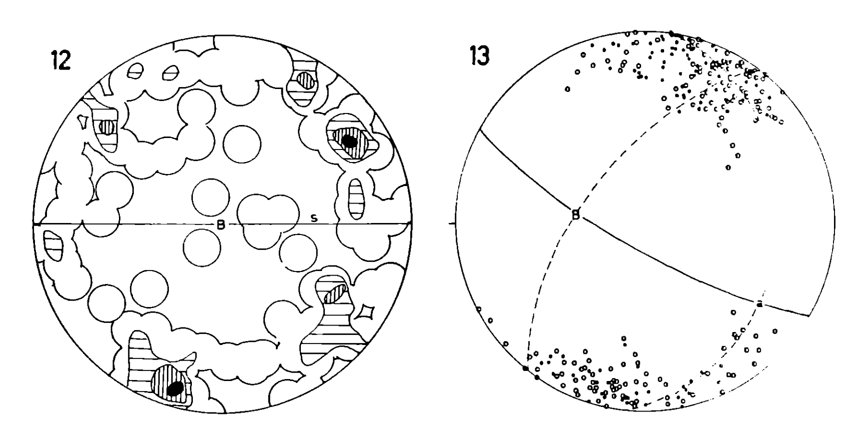
Diagramme 8—19: Charakteristische Korngefügediagramme aus der Sengeser Kuppel.



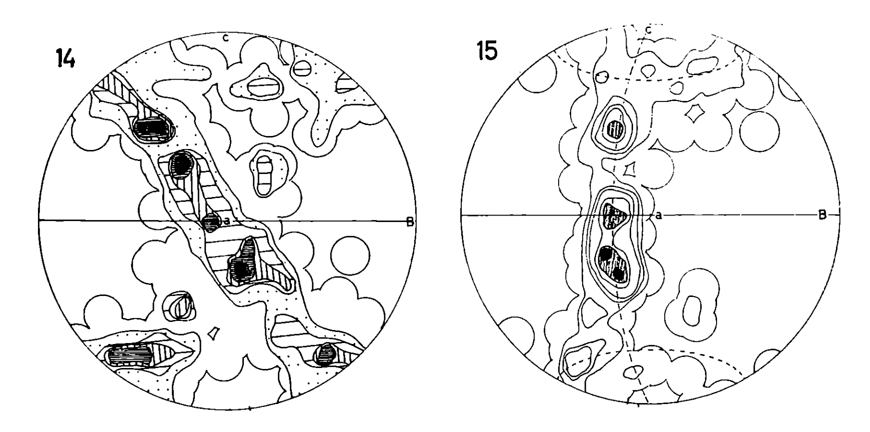
8. Glimmermarmor, Graben bei Archer. 200 c-Achsen von Calcit ⊥ B_1. 5—4—3—2—1—0%.
9. dito, 100 Pole von Calcit-e-Lamellen (nur sichtbare). 12—9—6—3—0%.



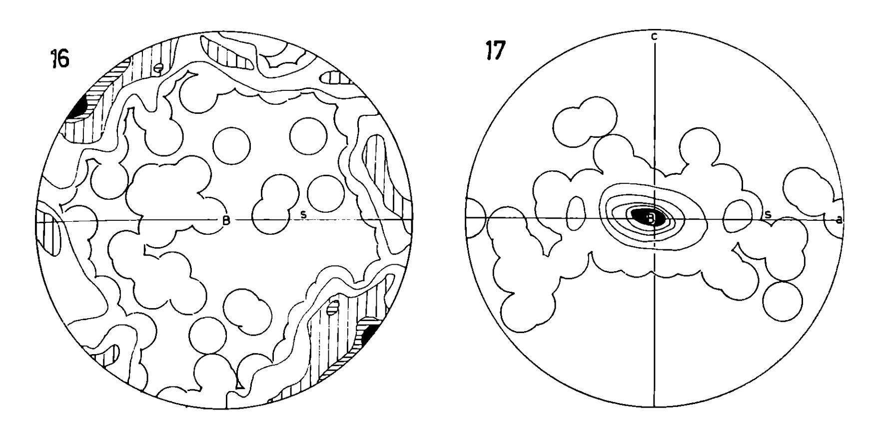
10. dito, 100 Pole von (001) Hellglimmer. 20—15—10—5—0%.
11. Albit-Karbonat-Glimmerschiefer, Abhang Zwofeneckl gegen Pfitsch. Schnitt ⊥ B_1. 150 c-Achsen von Externquarz. 5—3,3—2—0%.



12. dito, 110 c-Achsen von Calcit, 8—6—4—2—0%.
13. Marmorlage in Chlorit-Albitphyllit, Graben bei Archer, 160 Pole von Calcit-e-Lamellen (Kreise), 100 Calcit-c-Achsen (Punkte).

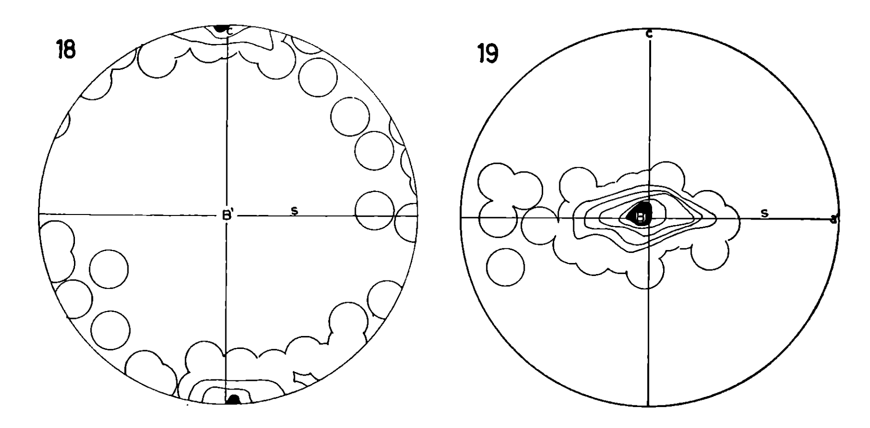


14. Hellglimmer-Albitquarzit, Saun gegen Pfitschtal, 200 Quarz-c-Achsen, Schnitt ⊥ a. 4,5—3,5—2,5—1,5—1—0%.
15. Quarzlage in Faltenkern, Albitgneis, Fuß des Saun gegen Pfitschtal. 141 c-Achsen von Quarz, Schnitt ⊥ a. (16—14)—12—10—7—5—3—1—0%.



16. Quarz-Albitphyllit, Fuß des Saun gegen Pfitschtal, Schnitt ⊥ B_1, 150 Quarz-c-Achsen, 4,6—3,3—1,9—0,6—0%.

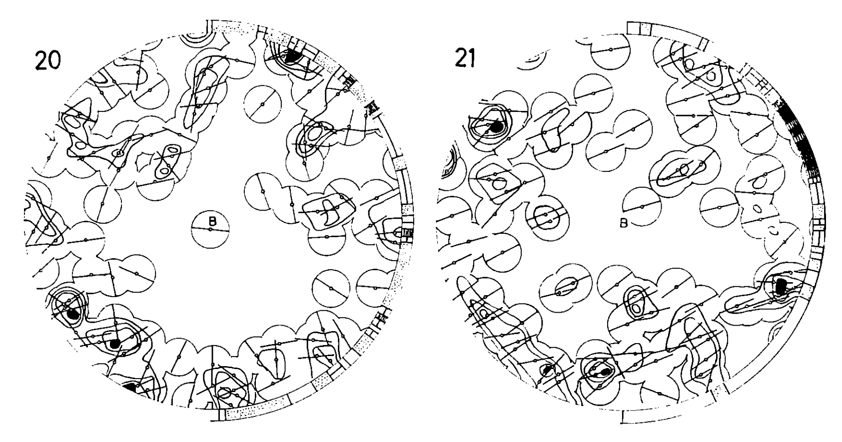
17. dito, 100 c-Achsen von Turmalin, 22—20—15—10—6—3—0%.



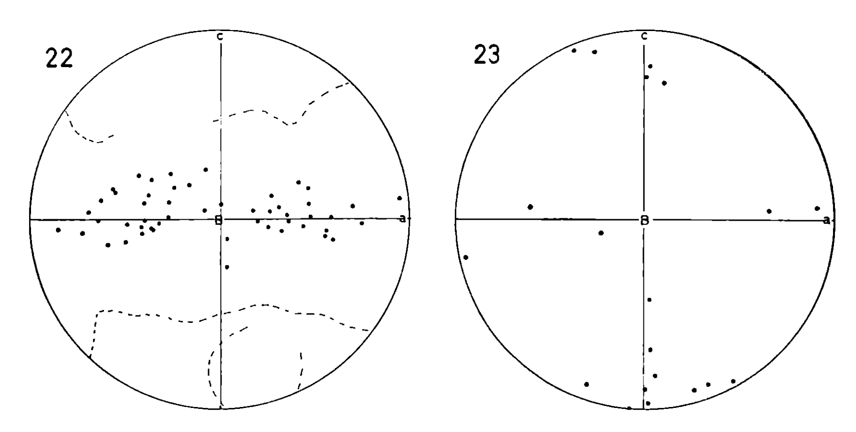
18. Falte, Fuß des Saun gegen Pfitschtal, Schnitt ⊥ B_2. 50 (001)-Pole von Hellglimmer, 13—9—4—0%.

19. dito, 50 c-Achsen von Turmalin. 15—12—9—6—0%.

Diagramme 20—23: Albitgneis oberhalb Pfitschtalbrücke beim Archer mit unverlagertem Interngefüge.

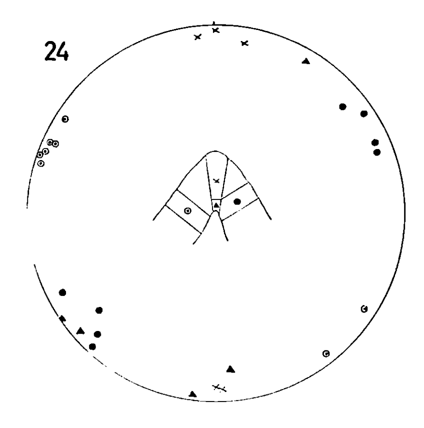


20. Externgefüge, 100 c-Achsen von Quarz im Schnitt ⊥ B_1. 5—4—3—2—1—0%. Die Richtungen der längsten Durchmesser der Kornquerschnitte sind in das Diagramm eingetragen und randlich ausgezählt. Randliche Auszählung: 5—3—1—0%.
21. dito, 100 Internquarz-c-Achsen aus einem Albit. 5—4—3—2—1—0%. Randliche Auszählung 14—10—9—7—5—3—1—0%.

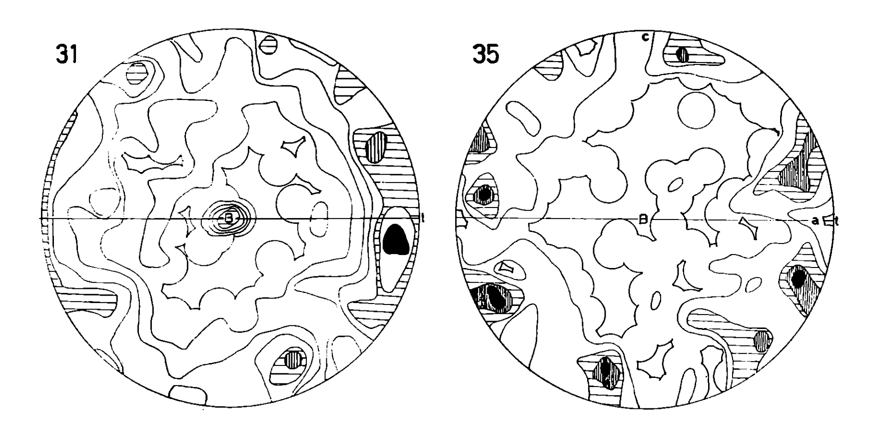


22. dito, 71 [n_β] von Albit. Die gestrichelte Linie gibt die extremste Lagemöglichkeit der Pole von (010)-Albit an.
23. dito, 71 [n_γ] von Albit.

Diagramme 24—35: Inhomogen geregelte, abwickelbare Biegefalte mit Interngefüge, Stengelgneis, Fuß des Saun gegen Afens.

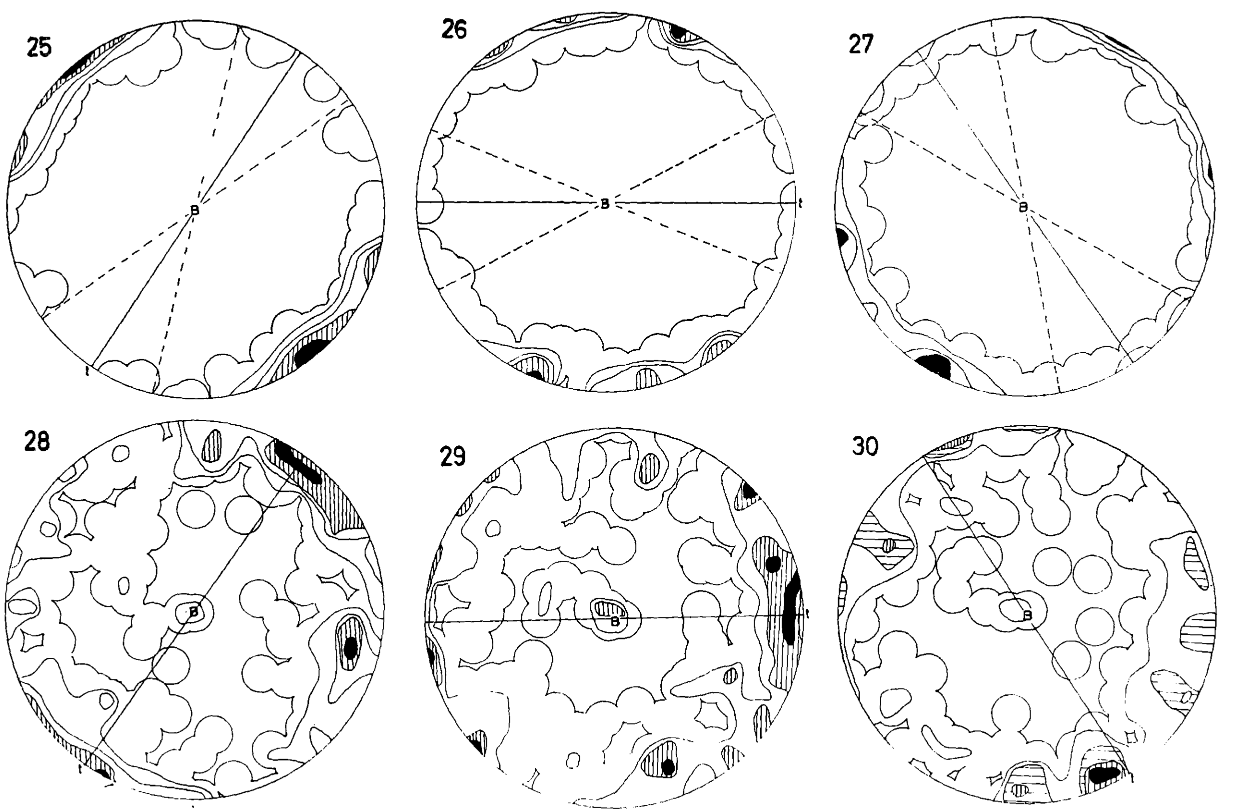


24. 28 Pole von si in Albit der Falte, mit verschiedenen Signaturen für die analysierten Teilbereiche. Schnitt $\perp$ B_1.

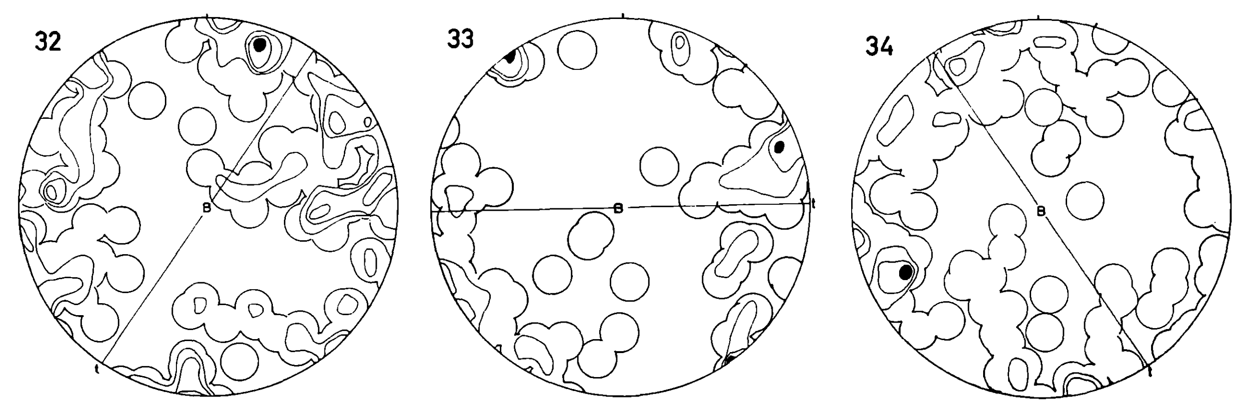


31. Diagramme 28, 29, 30 abgewickelt überlagert. 600 c-Achsen von Externquarz, 4—3—2,5—2—1,5—1—0,5—0%.

35. Diagramme 32, 33, 34 abgewickelt überlagert. 264 c-Achsen von Internquarz, 4—3,2—2—1,2—0%.

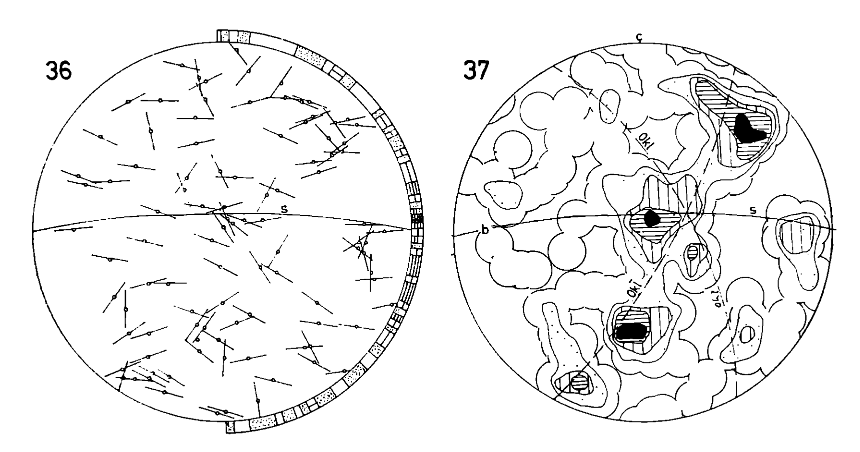


25. Teilbereich „links“ 100 Lote auf (001)-Hellglimmer extern (16—13)—9—6—3—0%.
26. Teilbereich „mitte“ 100 Lote auf (001)-Hellglimmer extern (17—13)—9—6—3—0%.
27. Teilbereich „rechts“ 100 Lote auf (001)-Hellglimmer extern (11—9)—0—3—0%
28. Teilbereich „links“ 200 c-Achsen von Externquarz, 5—3—2—1—0%.
29. Teilbereich „mitte“ 200 c-Achsen von Externquarz, 4—2—1—0%.
[illegible] 6—4—2,5—2—1,5—1—0,5—0%.



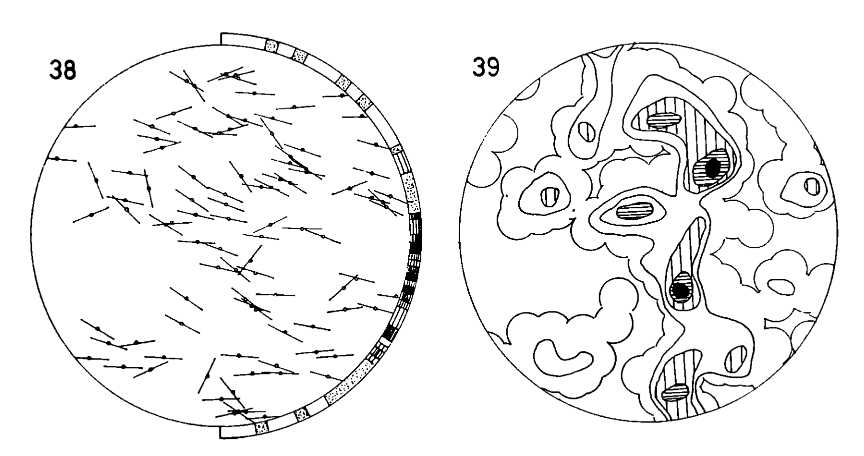
32. Teilbereich „links“ 102 c-Achsen von Internquarz aus 9 Albiten, 5—4—3—2—1—0%.
33. Teilbereich „mitte“ 60 c-Achsen von Internquarz aus 10 Albiten, 6,6—5—3,3—1,7—0%.
34. Teilbereich „rechts“ 102 c-Achsen von Internquarz aus 8 Albiten, 8—5—3—1—0%.

Diagramme 36—45: Muskowit-Albitknotenschiefer mit gedrehten Albitholoblasten, Graben ob Tulfer. Probe 1: Diagramme 36—40; Probe 2: Diagramme 41—45.



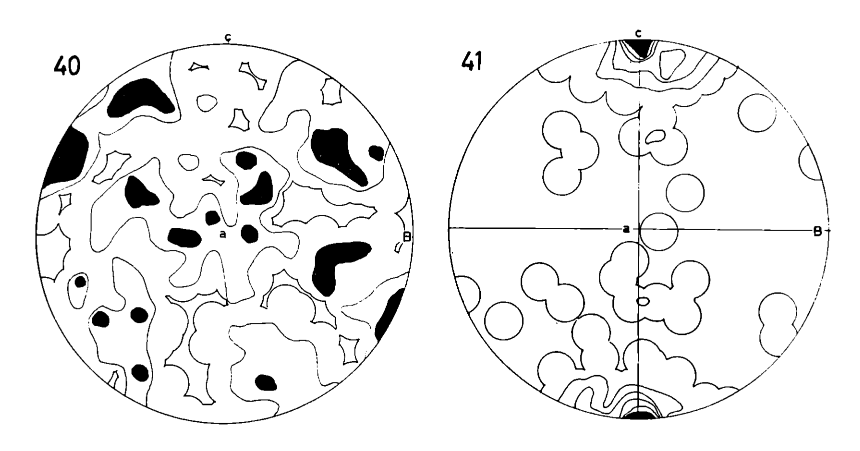
36. Schnitt ⊥ a (Teildiagramm zu 37). 100 Externquarze mit einragenden Richtungen der längsten Durchmesser der Kornquerschnitte. Randliche Auszählung: 7—5—3—1—0%.

37. dito, 200 c-Achsen von Externquarz, 5—4—3—2—1—0%.



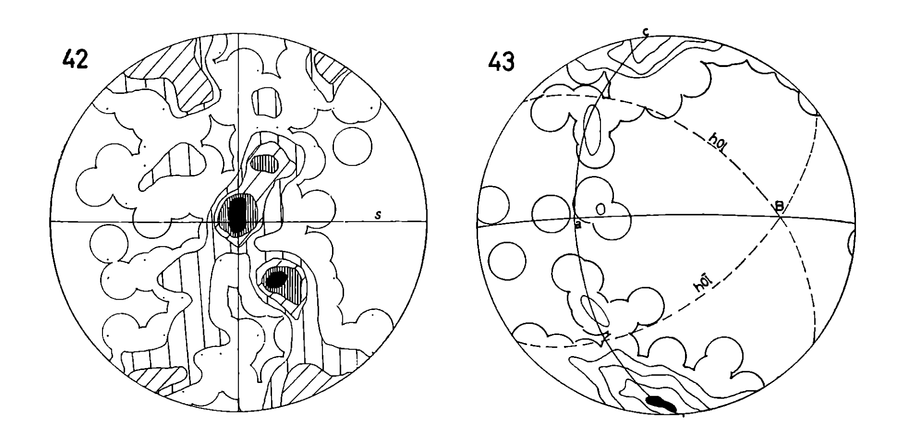
38. dito, 100 c-Achsen von Internquarz aus einem Albit (Teildiagramm zu 39) mit eingetragenen Richtungen der längsten Durchmesser der Kornquerschnitte. Randliche Auszählung: (10—9)—7—5—3—1—0%.

39. dito, 200 c-Achsen von Internquarz aus einem Albit, 5—4—3—2—1—0%.



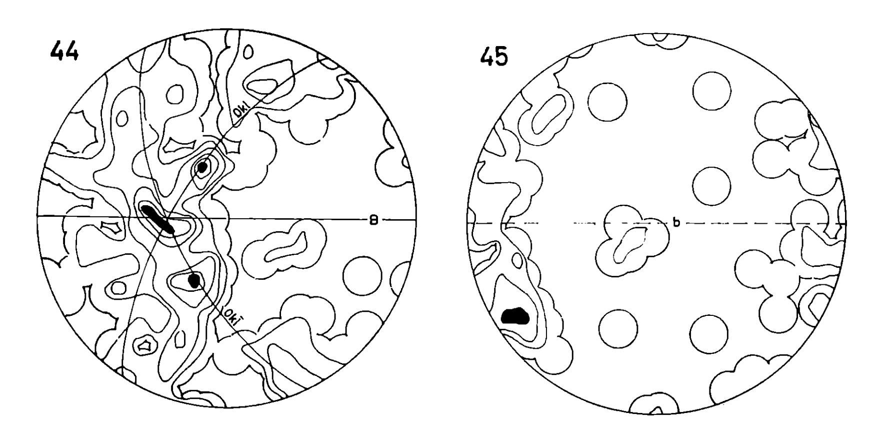
40. dito, 380 c-Achsen von Internquarz aus drei Albiten, 2—1—0%.

41. Schnitt ⊥ a, 100 Lote auf (001) Hellglimmer, 18—15—12—9—6—3—0%.



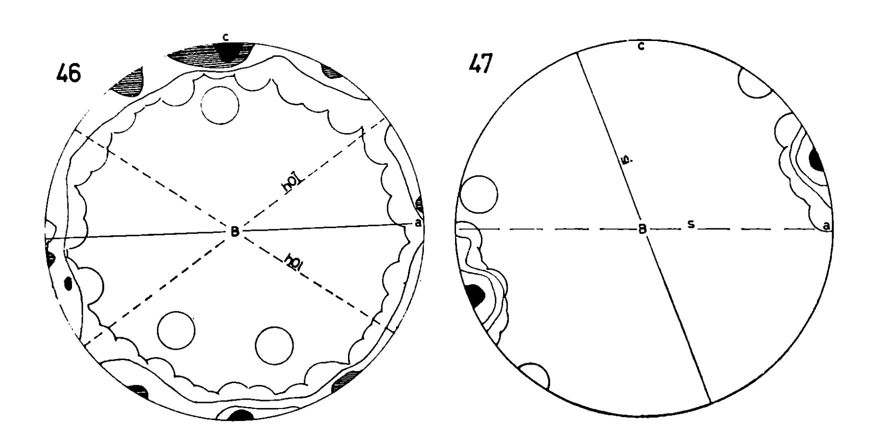
42. dito, 200 c-Achsen von Externquarz, 5—4—3—2—1—0%.

43. dito, 100 Lote auf (001) Hellglimmer aus einem Albit, 8—5—3—1—0%.

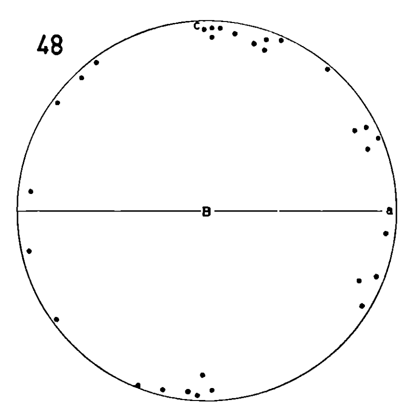


44. dito, 181 c-Achsen von Internquarz aus einem Albit, 5—4—3—2—1—0%.
45. dito, 97 c-Achsen von Internquarz aus einem Albit, 14—10—6—2—0%.

Diagramme 46—48: Albit-Chloritphyllit, Graben b. Archer, mit gedrehten Albitholoblasten. Schnitt ⊥ B_1.

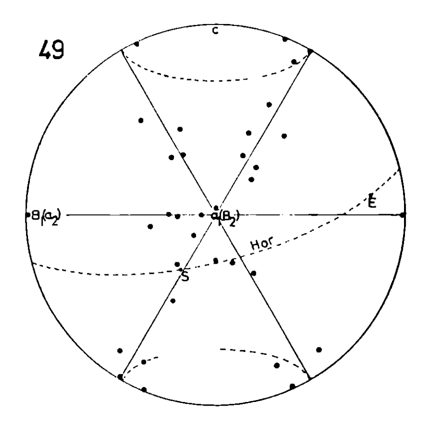


46. 200 Lote auf (001) von Chlorit extern, (13—8)—6—3—1—0%.
47. 34 Lote auf (001) von Chlorit aus einem Albit, 31—15—7,5—3—0%.



48. 37 Pole von si in Albit.

Diagramm 49.



Schwerpunkte von Maxima mit über 3% Besetzungsdichte von 1791 Quarzachsen aus Kreuzgürteln aus der Sengeser Kuppel. Zusammengestellt aus den Diagrammen 11, 15, 31, 37, 42, S 17 (unpubliziert) und S 19 (unpubliziert). Der geographische Horizont ist als Großkreis eingetragen, die Richtungen S und E stechen in der unteren Halbkugel aus.